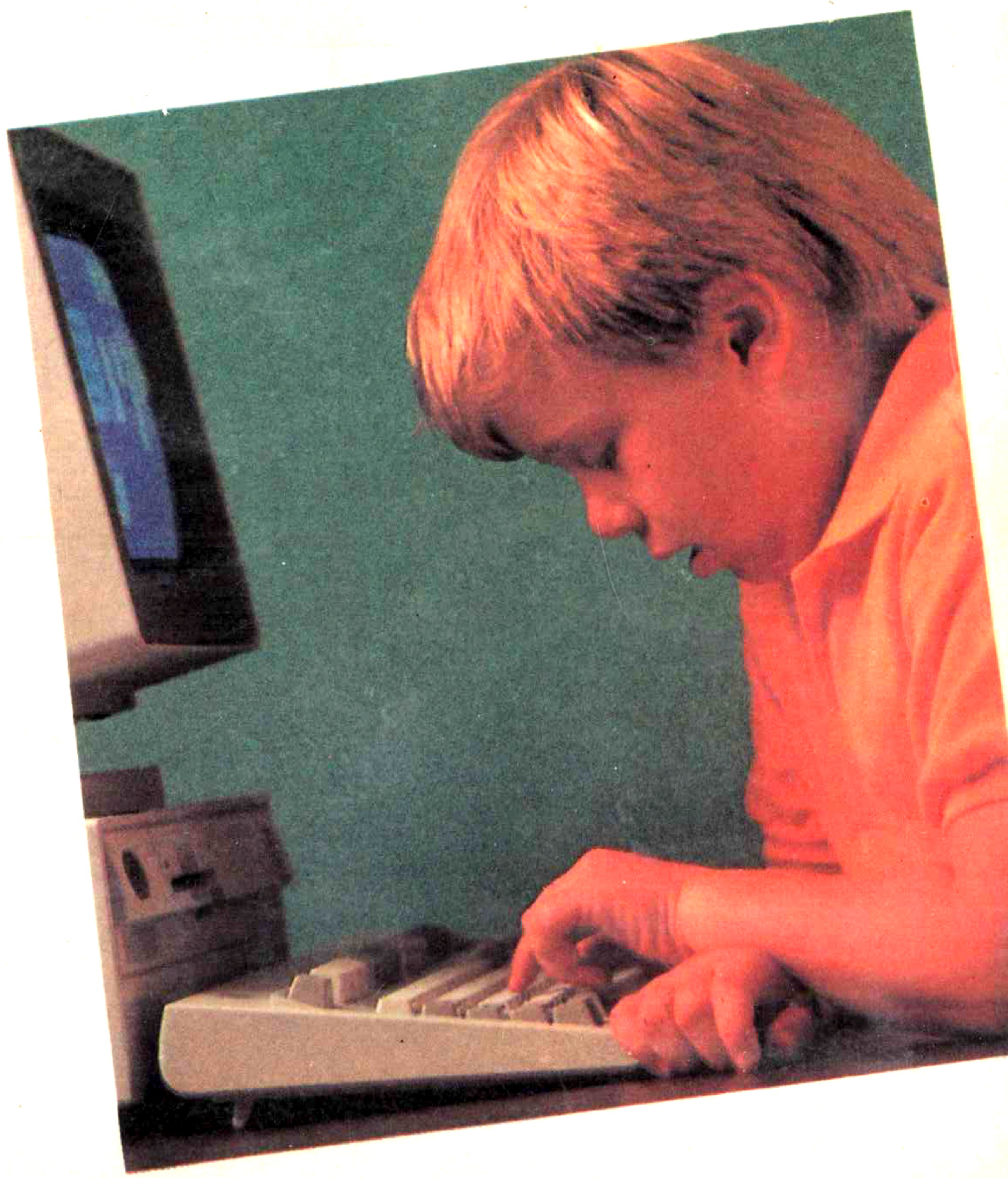
电子游戏机

林清波 编著

DIAN ZI YOU XI JI



中国广播电视出版社

■责任编辑：王本玉
■封面设计：王　滨

ISBN 7-5043-1889-2/TN·162

定价：　　8.00元

电子游戏机

林清波 编著

中国广播电视出版社

电子游戏机

林清波　编著

●

中国广播电视出版社出版发行

（北京复外广播电影电视部灰楼，邮政编码100866）

北京市新源印刷厂印刷

各地新华书店经销

●

787×1092毫米　32开　11.25印张　239（千）字

1992年12月第1版　　1992年12月第1次印刷

印数：1—2000册　　定价：8.00元

ISBN　7-5043-1889-2/TN·162

（京）新登字097号

前　言

电子游戏机是目前世界上较为流行的一种智能娱乐设备。它集微电脑、大规模集成电路、彩色电视以及声音合成等先进技术于一体，堪称为当代电子技术的结晶。

电子游戏机自七十年代中期诞生以来，一直深受青少年的欢迎，其销售额逐年增长，在一些国家和地区已经形成了一门独立的产业。

电子游戏机可以模拟未来的科学世界，智能地启发人类的思维，寓教育于游戏之中。除了游戏以外，有些国家和地区已把电子游戏机用作教学辅助设备，或者用于训练军事战术以及治疗精神病患者等。有的正在致力于开发专用学习机、驾驶员训练机及球类比赛训练机等。在海湾战争中，美国空军飞行员因机敏、准确地射击使伊拉克惨败。他们引以为豪地称，是电子游戏机训练了他们机智的大脑和娴熟的手脑配合能力。总之，电子游戏机将在人类的智力开发中起着越来越重要的作用。

中央领导同志曾指出，电脑要从娃娃抓起。电脑游戏机既是形象的游戏设备，也为学习电脑知识提供了一个很好的条件。

十年前，大型电脑游戏机涉足我国游戏场。近几年，大量的进口家用电视游戏机涌入我国家庭。目前，市场上尚无系统介绍电子游戏机的图书。本书以家用电视游戏机和大型

电脑游戏机为主系统地介绍了各种电子游戏机的特点、工作原理、使用方法和维修技术，以期提高我国电脑游戏的普及水准，为我国人民的智力开发做出贡献。

作者在本书编写过程中参考了美国 Buchsbaum Walter H的《Electronic Games》一书的部分内容和游戏节目程序实例。由于作者水平有限，不足之处在所难免，恳请读者批评指正。本书承蒙国家级有突出贡献的专家孙宝库同志审阅，在此一并致谢。

编者

1991年6月

目　录

第 一 篇

第一章　电子游戏机的由来和发展……………………（1）
1.1　电子游戏机的发展道路……………………（1）
1.2　电子游戏机是伴随着半导体工业的兴盛而诞生的……………………（4）
1.3　微电脑的应用使电子游戏机的发展进入鼎盛时期……………………（6）
1.4　电子游戏机的发展趋势……………………（9）
第二章　电子游戏机的分类……………………（12）
2.1　模拟式游戏机……………………（13）
2.2　家用驻留节目电视游戏机……………………（17）
2.2.1　家用驻留节目电视游戏机的一般特征……………………（17）
2.2.2　家用赛球游戏机的功能和电路…………（21）
2.3　袖珍电子游戏器……………………（24）
2.4　商用电脑电视游戏机……………………（27）
2.4.1　商用电脑电视游戏机的一般特征………（27）
2.4.2　几种常见的商用电脑电视游戏机………（29）
2.5　家用电脑电视游戏机——“任天堂”………（31）
2.5.1　“任天堂”游戏机的配置……………………（32）

2.5.2 "任天堂"游戏机的操作……………………(34)
2.5.3 "任天堂"游戏机的工作原理…………(35)
第三章 电子游戏机设计的思想基础……………………(41)
3.1 游戏与电子学………………………………………(41)
3.2 电子游戏机的基本结构………………………………(45)
3.3 电子游戏机的控制部件………………………………(48)
3.4 电子游戏机的显示器…………………………………(49)
3.5 应该注意的几个问题…………………………………(51)

第 二 篇

第四章 电脑电视游戏机的总体电路和结构…………(53)
4.1 电脑电视游戏机的总体电路…………………(53)
4.1.1 主机电脑板………………………………………(55)
4.1.2 扫描板、视放和伴音电路……………………(56)
4.2 电脑电视游戏机的总体结构…………………(61)
4.2.1 柜式电脑电视游戏机的外部结构………(61)
4.2.2 柜式游戏机的暗锁机构…………………(61)
4.2.3 显象管的安装……………………………………(63)
4.2.4 投币器的结构……………………………………(64)
4.2.5 散热风扇…………………………………………(65)
4.2.6 盒式磁带机构……………………………………(65)
4.2.7 电脑电视游戏机的控制台和操纵手柄……………………………………………(66)
4.2.8 印刷电路板托架和电源部分…………(69)
第五章 电视游戏机的视频显示技术………………(72)
5.1 电视游戏机框图………………………………………(72)

5.2 固定图形的显示电路……………………………………(76)
5.3 活动图形的显示电路……………………………………(86)
5.4 彩色显示电路…………………………………………(89)
5.5 特殊显示效果…………………………………………(92)
5.6 典型显示电路…………………………………………(95)
5.7 显示电路的故障查寻……………………………………(98)
第六章 电子游戏机的伴音技术………………………………(101)
6.1 声音合成技术的一般概念………………………………(102)
6.2 产生各种声音效果的具体电路…………………………(109)
6.3 电子游戏机产生特殊音响效果的方法………………(118)
第七章 电子游戏节目存储技术………………………………(127)
7.1 引言………………………………………………………(127)
7.2 半导体存储器ROM和RAM…………………………(131)
7.3 微处理器和存储器的连接和寻址技术………………(138)
7.4 在磁带上记录数字数据………………………………(146)
7.5 微处理机与磁带输入输出设备的接口………………(155)

第 三 篇

第八章 微电脑在游戏机中的实际应用……………………(165)
8.1 光栅扫描中的微电脑更新技术…………………………(165)
8.2 硬件和软件的折衷………………………………………(179)
8.3 视频效果的微电脑控制…………………………………(192)
8.4 伴音效果…………………………………………………(205)
第九章 电视游戏机设计原理…………………………………(214)
9.1 "穿孔"游戏机……………………………………………(214)
9.2 "穿孔"游戏机的软件执行过程…………………………(225)

9.3 “二十一点”——一种微型电脑控制的电视游戏机……………………………………(239)

第 四 篇

第十章 电脑电视游戏机的使用和保养………………(271)
10.1 电脑电视游戏机的使用方法…………………(271)
10.1.1 典型电脑电视游戏机的一般特征………(271)
10.1.2 游戏节目的更换……………………………(273)
10.2 电脑电视游戏机的保养…………………………(275)
10.2.1 常见简单故障的检修…………………………(276)
10.2.2 图象的调节……………………………………(276)
10.2.3 维修开关………………………………………(278)
10.2.4 投币器…………………………………………(279)
10.2.5 显象管安装方式的变换………………………(280)
10.2.6 手柄导板的更换………………………………(280)
10.2.7 电脑电视游戏机使用注意事项…………(281)
第十一章 世界典型的电子游戏机…………………(283)
11.1 军事防区游戏机………………………………(283)
11.2 国际象棋游戏机………………………………(284)
11.3 导弹大战、自动赛车和足球游戏机…………(286)
11.4 500 型 大赛车游戏机…………………………(288)
11.5 奥德赛(ODYSSER)2000、4000和5000型游戏机…………………………………………(289)
11.6 “演播室” Ⅱ 型游戏机………………………(290)
11.7 “通道F” 游戏机 ……………………………(291)
11.8 视频电脑系统…………………………………(294)

11.9 “通讯卫星”游戏机……………………………(295)
11.10 画井游戏机……………………………………(296)
11.11 “FONZ”游戏机……………………………(298)
第十二章 电子游戏机的故障检修……………………(300)
12.1 基本故障查寻技术……………………………(300)
12.2 现象-功能法……………………………………(304)
12.3 信号跟踪法……………………………………(310)
12.4 电压-电阻法……………………………………(315)
12.5 元件替换法……………………………………(317)
12.6 电子游戏机中经常出现的故障………………(319)
12.7 间歇性和难以查寻的故障……………………(322)
第十三章 电脑电视游戏节目的选择和游戏场的管理……………………………………(324)
13.1 电脑电视游戏节目的分类……………………(324)
13.1.1 教育性游戏机…………………………(325)
13.1.2 体育性游戏机和动作性游戏机………(328)
13.1.3 益智性和思考性游戏机………………(334)
13.1.4 幸运性游戏机…………………………(337)
13.2 电子游戏场的管理和电脑电视游戏节目的选择……………………………………(341)
13.2.1 国外刺激性节目兴盛带来的公害及所引起的争论…………………………(341)
13.2.2 电子游戏场的管理……………………(343)
13.2.3 电脑电视游戏节目的选择……………(343)

第 一 篇

第一章 电子游戏机的由来和发展

1.1 电子游戏机的发展道路

电子游戏机出现的时间并不长，但发展却非常迅速，其制造工业在美国、日本及一些其它国家和地区已经形成了一门独立的制造业，当然也经历了一段崎岖的道路。

早在1962年，美国麻萨诸塞州理工学院的一名研究生编写了一种被称之为“空间战”的一套计算机程序。1966年，家用电视游戏机的创始人美国的雷尔夫·贝尔制造了两台符号发生器，使两个光点在电视屏幕上相互追逐。1972年，马格纳沃克斯（Magnavox)公司购买了贝尔的专利，用TTL电路制造出第一台家用乒乓球电视游戏机，取名为“奥德萨”（Odyssey)，这一年就销售出 10 万台。该装置能够玩12种游戏。1975年大规模集成电路出现以后，该公司设计出 9 种复杂的集成电路用于“奥德萨”家用电视游戏机，使其所用的元器件减少到200个左右，降低了生产成本并减少了装配时间。这 9 种芯片通过选择组装可以实现18种游戏。后来该公司又引进了单片大规模集成电路，使所需的元器件减少到75个。这种芯片包括全部的光点发生器、逻辑电路、同步电

路、多音调音响发生器和数字记分电路等。

第二台实验性的投币式公众娱乐电视游戏机被称之为“电脑太空”，是由美国38岁的工程师诺兰·布什内尔在1971年研制成功的。他在设计“电脑太空”游戏机中采用19英寸显象管作为显示器，使用了180块TTL电路。

1972年，布什内尔用TTL电路研制成功第一台具有实用价值的乒乓球投币式电视游戏机。为了检验机器效果，他说服了一家小饭店，让他将这种游戏机放在店里供旅客娱乐。两天后，老板打电话告诉布什内尔说：“机器坏了。”布什内尔大吃一惊，以为自己的设计出了问题或是TTL电路出现了故障，赶快跑去修理。他打开一看，原来是硬币盒已经装满，机器被硬币卡住不能工作。这对布什内尔来说，意味着成功和希望。这种游戏机虽然简单，但是对当时的电脑游戏来说，却是一个重大突破。于是，布什内尔与一位朋友合资，以500美元的资金创办了雅达利公司。“雅达利”(ATARI)一词源于日本的一种游戏，意思是向对手警告，要将他击败。

当时，美国的角子游戏机主要是单人操纵的弹球游戏机。由于乒乓球游戏机可供两个人同时玩，使当时的游戏场产生了很大的轰动，因而大受欢迎。然而，雅达利的成功却招来了大批的竞争者。1974年，全美国共出售了大约10万部乒乓球角子游戏机，但雅达利公司的产品却只占1/10。

强烈的竞争使当时的雅达利公司陷于困境，特别是在1974年，该公司一度几乎处于破产的边缘。但这并未动摇布什内尔开拓新市场的雄心。乒乓球游戏机初期的成功鼓励了雅达利公司向家庭电视游戏机市场进军。1975年，该公司的

第一套家庭电视游戏机问世，并且所有产品一下子全部销光。全美最大的西尔斯·罗巴克百货公司与雅达利公司达成协议，包销了雅达利全年的产品，总数约达10万部。

雅达利公司虽然得到了西尔斯·罗巴克公司的支持，但要继续取得发展和击败竞争对手，就必须大量注入资本。解决这一问题的办法，一是进行集资，发行股票和债券；二是将公司出售给一家大企业。后者被认为是较为可取的办法。结果，全美最大的电影制片公司——华纳传播公司在1976年以2800万美元收购了雅达利公司。

华纳公司收购了雅达利以后，不断向该公司提供资金。到1978年底，华纳公司共向雅达利贷款1.2亿美元，还协助解决了一些市场和技术问题。但由于当时的电视机大部分仍是黑白画面，而且每种游戏只有一、两种不同的玩法，变化不大，加上音响效果不佳，只要游戏者玩上一段时间后便会熟悉，从而生厌。因此，如果不开发新的游戏节目，这个行业便会衰落。1977年雅达利的工程师在华纳公司的帮助下，率先发明了一种新一代的电视游戏机，称之为“电视电脑系统”。这种游戏机是由一部小电脑控制的，游戏者只要按其爱好而放进不同的游戏程序盒，通过控制器，便可在电视屏幕上进行游戏。这种游戏机无论是在画面上，还是在音响效果上都比以前的游戏机有显著的提高。

雅达利的这种新型游戏机在1977年开始向市场推出，初期的反应并不理想。1978年底，该公司投入600万美元，开展了强大的广告宣传攻势，使这种产品很快受到了重视。在1979年的美国消费电子产品展览会上，雅达利赢得了大量的订单。更大的收获是在第二年，该公司成功地改变了人们认为

电视游戏机仅为一种圣诞礼品的看法。为了配合电视游戏机是全年适用的一种家庭用品的宣传，该公司在1980年1月，一下子便推出了4种新的游戏盒带。经过大力的宣传，1980年出售的电视游戏机及游戏盒带总值达4亿多美元，带来了7700万美元的利润。雅达利成了华纳集团属下的最赚钱企业。

1981年，雅达利公司销售了300万台“电视电脑系统”，使其销售额激增到7.9亿美元。1985年，日本任天堂公司推出家用电脑游戏机。1990年，该公司又推出了高速存储16位“超级任天堂”，使游戏节目内容更加丰富多彩。

1.2 电子游戏机是伴随着半导体工业的兴盛而诞生的

1976年是全世界电子游戏机大发展的一年，美国通用仪器公司生产出了大规模游戏集成电路芯片AY-3-8500，使电子游戏机工业取得了重大的进展。这种电路使人们用不着多少电子技术知识，就可以装配家用电视游戏机。因此，不少人涌进了这个行业，游戏机生产厂家剧增。

AY-3-8500大规模集成电路是发展电视游戏机的关键部件。它是一种游戏图象存储器。电视游戏机依靠它来产生游戏图象信号。一般来说，它可以实现4种球类游戏和2种射击游戏节目。

美国通用仪器公司在1976年2月开始投产AY-3-8500集成电路，同年夏天就销售了一百多万只。每只成本当时仅为5～6美元，由于它显著地降低了游戏机的成本，从而出现

了盛行一时的电子游戏机热。到1977年6月，AY-3-8500电路的销售超过了700万只。这一年，该公司平均每月生产100～120万只游戏机集成电路，并开发出6个新的品种，生产出AY-3-8600系列、8700系列和8900系列的游戏机集成电路。AY-3-8600系列电路直接以NTSC制的副载频3.57MHz作为时钟频率。它配以少量的门电路就可以单独构成黑白电视游戏机。

AY-3-8615电路是一种彩色变换电路。它包括3.57MHz的振荡电路，同时输出NTSC制的副载频3.57MHz和2.05MHz的时钟信号，并将输入的各种视频信号和同步信号合成以后，以复合的视频信号形式输出。当游戏电路与AY-3-8615彩色变换电路配合时，便构成了彩色电视游戏机。

美国国家半导体公司和仙童半导体公司看到生产游戏机集成电路有利可图，也跻身于竞争者的行列。1976年，国家半导体公司推出了"阿特沃萨利"（Adversary)彩色电视游戏机，可玩3种游戏，至1976年底，共销售出20万台。

同年8月，仙童公司采用F8微处理机研制成功了第一台插盒式电视游戏机"家庭电视娱乐系统"。它以彩色电路为核心，配以音频放大电路、电源控制器、功能开关和射频调制电路等组成了基本的电视游戏机。把游戏电路做成插盒形式，更换游戏盒（即节目程序盒），便可改变游戏节目的内容。游戏盒很象一盘盒式录音磁带，但实际上是由一块大规模集成电路及少许元件构成。

随着微处理机在电子游戏机上应用的不断扩大，电子游戏机的发展进入了新的阶段，游戏内容不再是固定的老一套了。美国雅达利公司已有几十种游戏盒上市，可以实现1000

多种游戏节目。桑迪克公司销售的TVG-SD-650 和 TVG-SD-070以及英国的哈尼曼克斯公司的 VG4000都 属 于这一类。每个游戏机附有22种游戏盒。1980年，雅达利公司在国际消费电子博展会上展出了无线电遥控插盒式系统，引起了人们更大的兴趣。

1.3 微电脑的应用使电子游戏机的发展进入鼎盛时期

电子游戏机的飞速发展是应用科技新成果的结晶。电子游戏机虽然属于娱乐玩具，但它可以体现一个国家的科技水平。电子游戏机本身就是在微电脑技术和彩色电视技术的基础上发展起来的。同时，它还在不断地吸收其它领域的科技新成果，诸如声音合成技术以及激光和全息摄影技术等。

进入八十年代以后，微电脑已在游戏机中获得了广泛地应用，形成了电脑电视游戏机，使电子游戏机的复杂程度提高了 5 ~10倍。现在，最新式的插盒式游戏机，游戏盒已达数百种，每种游戏盒最多可实现上百种游戏，共可实现几万种游戏节目。例如，美国的棋类游戏机和桥牌游戏机所存储的战术从过去的1000多种达到现在的30多万种。游戏者过去打败电脑的比率为40%，而现在几乎是不可能了。

应用微电脑以后，虽然游戏节目内容仍然是以战斗、太空追击、体育项目、智力游戏为主，但游戏角色的造型，诸如飞机、大炮、足球、篮球、迷宫等角色都比以前的产品更加逼真。

微电脑的应用已使得游戏的色彩设计和音响效果都有进一步的提高。游戏的胜负计分和时间控制多数都可以在屏幕上直接显示出来。有些产品只要换上语言训练的盒带，就能进行外语会话、阅读等训练。

1982年，美国奥德萨公司设计了一种“指挥中心”的电视游戏机系统，图形清晰、分辨率高，可以玩游戏，也可以看电视、电影，还可以用作计算机终端设备。这个系统可以使用新的软件，也可以使用原来的游戏盒。帕诺蒙特、弗克斯及赛格等公司都设计出相同类型的电子游戏装置，引起人们极大的关注。

雅达利公司正致力于设计一种称之为“雅达利儿童宝库”的电子游戏机，可以演奏音乐，也可以教孩子们拼读和学习，还可以玩电子游戏。

现在国外已经研制出第三代视频游戏机。它包括两种形式：激光唱片游戏机和立体游戏机。它们都是在公共娱乐场所使用的商用游戏机。

在电视游戏机发展的同时，手持式非电视游戏机的发展也很快。手持游戏机采用液晶显示或真空荧光管显示，体积小巧，使用方便，深受青少年和成年人的欢迎。特别是在1977年以后，由于电视游戏机所用的集成电路跟不上需要，致使电视游戏机的新品种上不去，因而刺激了手持电子游戏机的发展。美国德克萨斯仪器公司制造的称之为“小教授”的学习辅助游戏机，麦涛公司生产的“足球”和“自动赛跑”等手持式游戏机都相继进入市场。后两种游戏机均使用了PPS-4型微电脑。

至1977年，在美国至少有20家半导体公司从事电子游戏

机集成电路的研制。德克萨斯公司捷足先登，行动最快。该公司声称“小教授”中使用的芯片，经过编制适当的程序，可以担任其他许多角色。“小教授”成为当时最受欢迎的畅销品。接着该公司又生产了“数据人”游戏机。它比“小教授”又进了一步，更为灵巧，而且还能讲究教学策略。大部分手持式电子游戏机均使用了德克萨斯公司生产的TMS-1000微电脑。

在“小教授”和“数据人”成功的鼓舞下，1977年下半年，德克萨斯公司决定制作能用电子方式讲话的学习辅助设备。这样，游戏机就可以模拟人的声音了。1978年6月，在消费电子产品展览会上，出现了另一种为教育服务的电子游戏机。这种游戏机操作简单，7、8岁的儿童只要按动按键，游戏机就可以向他提出拼字的要求。这种游戏机可以训练拼写英文字，它深受用户的欢迎。

手持式游戏机后来又以汽车竞赛、障碍驾驶、导弹射击为热门货。这类游戏机的配音先进，如汽车的发动机声、刹车声等都非常逼真。有些产品还可以插入不同内容的盒带，改变游戏的玩法，使游戏机的商业寿命更加长久不衰。

答题比赛的游戏机也日益增多，游戏机内的存储器可以记忆数学、语文、音乐、艺术、历史等问题的资料，参加比赛者的对答结果，可通过按键由机器显示器给出。

液晶显示的游戏机更是别具一格，目前它有固定式和可编程序式两类。这种游戏机现在已出现了小巧的日记本式、卡片式和立体画面式的产品。其游戏内容主要有赛车、赛马、迷宫、战争类及一些日常生活的玩法等。

另外，还有一种类似的电子翻译器，可用作外语、教学、

科学问答游戏的液晶游戏机。还有一种以微电脑功能为主，教学及简单的电子游戏为辅的多功能游戏机也已经上市。

新式的手持式电子游戏机均已采用了微电脑，将打球、赛车、下棋、玩牌等游戏进行概念设计，再制成集成电路芯片，然后制成各种手持式电子游戏机。概念设计越来越复杂，手持电子游戏机不断推陈出新，现在已经发展到300多个品种。目前，已经出现了有电脑输入的第三代新产品，可以玩"二十一点"、"保龄球"、"救火"以及"海洋救生"等游戏。

据国际玩具工业委员会主席杜格拉斯·汤逊先生在1982年10月16日出席香港玩具工业委员会举办的晚宴时讲：青年人玩的家庭电视游戏机和康乐室的电视游戏机已风靡了全美国，大量吸去了闲钱。在电子玩具中，景况最佳的是益智游戏。美国儿童父母历来关心这类玩具的发展，很注意可以补足学校教育的玩具，利用电子多变性和趣味性而设计的拼字游戏和算术游戏机，销路很好。

1.4 电子游戏机的发展趋势

进入八十年代以来，世界上各大电子游戏机公司都把今后技术发展的重点放在电子游戏机软件的开发上。1982年，弗克斯公司已完成两套游戏软件——"Mash"的设计。雅达利公司在新设计的游戏机上使用了"Track-Ball 系统"软件、其它公司也都竞相研制和开发软件系统。

目前设计出的电子游戏机既可以使用新的软件，又可以使用过去的游戏盒，二者相互兼容。随着新的软件的不断出

现，游戏盒将逐渐被新的软件所代替。

美国APF公司和麦涛公司正在把电视游戏机系统扩充为家用计算机系统。游戏机的显示装置可作为家用计算机的终端设备。APF公司的"幻想游戏机"是世界上第一台电视游戏机和计算机相结合的系统。麦涛公司正在试制一种把可编程序的智能游戏机转换为家用计算机的键盘。阿尔托卡特公司将很快展出一种公众娱乐电视游戏机的键盘扩充设备。

目前，以电视游戏机为基础的计算机系统还不象键盘操作系统那样有兼容性，但是当电子游戏机制造商引进附件和存储扩充设备以后，情况就会发生变化。奥德萨公司设计的"指挥中心系统"电视游戏机，有打字键盘，既可作为计算机的终端设备，又具有家用电子游戏机的功能。

1981年，电子游戏机已应用了语言合成器集成电路，在美国展出了样机。随着语言合成集成电路的发展和成本的下降，电子游戏机和其它电子玩具将广泛地将它应用起来。电子游戏机将可能出现人机对话，给电子游戏机更加增添新的色彩。

将来在电子游戏机的设计上将采用微程序化的新概念，游戏的复杂程度将显著增加。公众娱乐游戏机结构式样将出现更多的变化，将应用激光和全息摄影等新技术，使游戏形象逼真，真实感更强，使游戏者好象进入了一个新的天地而其乐无穷。

游戏机的设计者们商定，第四代视频游戏机将采用清晰度高而成本低的监视器。他们预计，高清晰度监视器的应用会进一步扩大视频游戏机的使用，而个人计算机的普及将驱使监视器成本下降，512×512象素的监视器将成为标准型，

将代替目前的256×256象素的监视器。

为了达到这样高的清晰度，存储和处理技术也将必须改进。也就是说，两倍的清晰度意味着需要四倍之多的存储和处理能力。随着监视器、存储器、微处理器成本的降低以及大规模集成电路的越加先进，预计第四代游戏机的价格将不会太高。

第二章　电子游戏机的分类

现代电子游戏机的种类五花八门，品种繁多。家用电子游戏机的体积由大到小，现在已发展到个人使用的掌中微型电子游戏器了。商用公众娱乐游戏机的显示画面越来越大，现已发展到双电视屏幕，以至于三屏幕显示的大型游戏机。电脑电视游戏机的游戏节目已从单一节目发展为多种节目，甚至可以随时更换节目。

电子游戏机的分类需要考虑多种因素。如果从用途上划分，那么大致可以分为商用游戏机、家用游戏机和个人游戏机。商用游戏机又可以分为电脑电视游戏机和电子模拟式游戏机。家用电视游戏机又分为常规驻留节目电视游戏机和电脑可换节目电视游戏机。个人游戏机又可分为手持式游戏机和袖珍电子游戏器。

如果从显示器件上划分，那么可以将电子游戏机划分为电视游戏机和非电视游戏机。电视游戏机又分为常规逻辑式的黑白或彩色电视游戏机和电脑彩色电视游戏机。电脑电视游戏机又分为商用游戏机和家用游戏机。其中商用游戏机又分为单屏幕式、双屏幕激光唱盘式和三屏幕式。

非电视游戏机不是使用电视屏幕作显示部件。小型非电视游戏机大多使用荧光管、发光二极管或液晶等显示器件。大型非电视游戏机多是电子模拟式游戏机，其显示方法是利用光源将胶片上的游戏景物投射到玻璃屏幕上。虽然这种游

戏机的技术比较原始，但它在市场上仍占有一席之地。

按游戏节目的可换性，电视游戏机可划分为固定驻留节目式和可换节目式。固定驻留节目式游戏机按节目存储方式的不同，一般有存储板式和单块只读存储器式。存储板式游戏机含有100～200块半导体存储器。这些存储器所含的程序组成了一种复杂的商用游戏节目。而单块只读存储器由于其存储容量有限，所存的节目大多是比较简单的家用游戏节目。

按节目存储媒体的不同，可换节目式电视游戏机又可分为只读存储器插盒式、盒式录音磁带式和激光唱片式。

下面从上述各类电子游戏机中选择几种具有代表性的作一介绍。这些游戏机主要是模拟式游戏机、常规逻辑驻留节目式电子游戏机、个人袖珍电子游戏器以及电脑彩色电视游戏机。

2.1 模拟式游戏机

这里介绍的是一种模拟式赛车游戏机。如图2-1所示，其显示器没有采用电视机显象管，屏幕上的马路、路栏及周围的景色印在一卷胶片上，通过灯光投射到屏幕玻璃上。游戏者可以操纵方向盘来控制汽车的行驶方向，以避免与迎面来的车辆和路栏相撞。汽车的行驶速度是通过脚踏板来控制的。游戏机可根据游戏的无故障经历时间和所行驶路线的长短自动计分。若得分超过预定值，则可获得奖励游戏时间。

这种游戏机的控制结构如图2-2所示。汽车的影象是通过实体模型映射的，汽车模型被固定在传送带上，车体上涂有荧

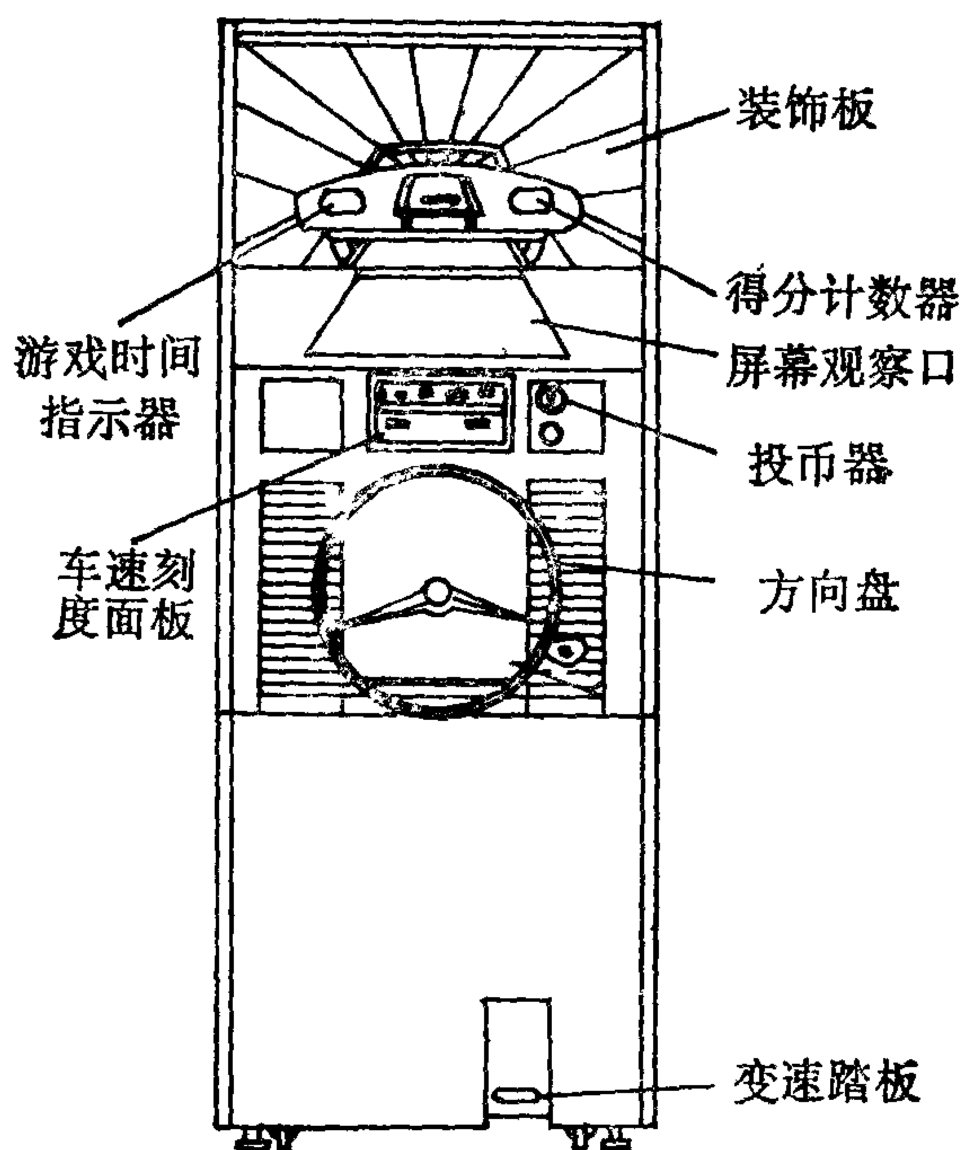


图 2-1 模拟式赛车游戏机

光粉。胶片卷筒位于屏幕的外侧，印有马路和街景胶片的显示部分紧贴在玻璃屏幕上。投射灯光位于屏幕的内侧，屏幕上的影象通过镜子和半透明反光镜反射给游戏者。车速控制踏板装置包括变压器线圈，线圈内装有磁棒，它与踏板铰链相连。游戏机的装饰面板上安装有时间指示器和得分计数器。

图 2 -3为这种模拟赛车游戏机的功能电路方块图。逻辑部件 3 的输入为时间指示器 4 、得分计数器 9 、起停器 2 和

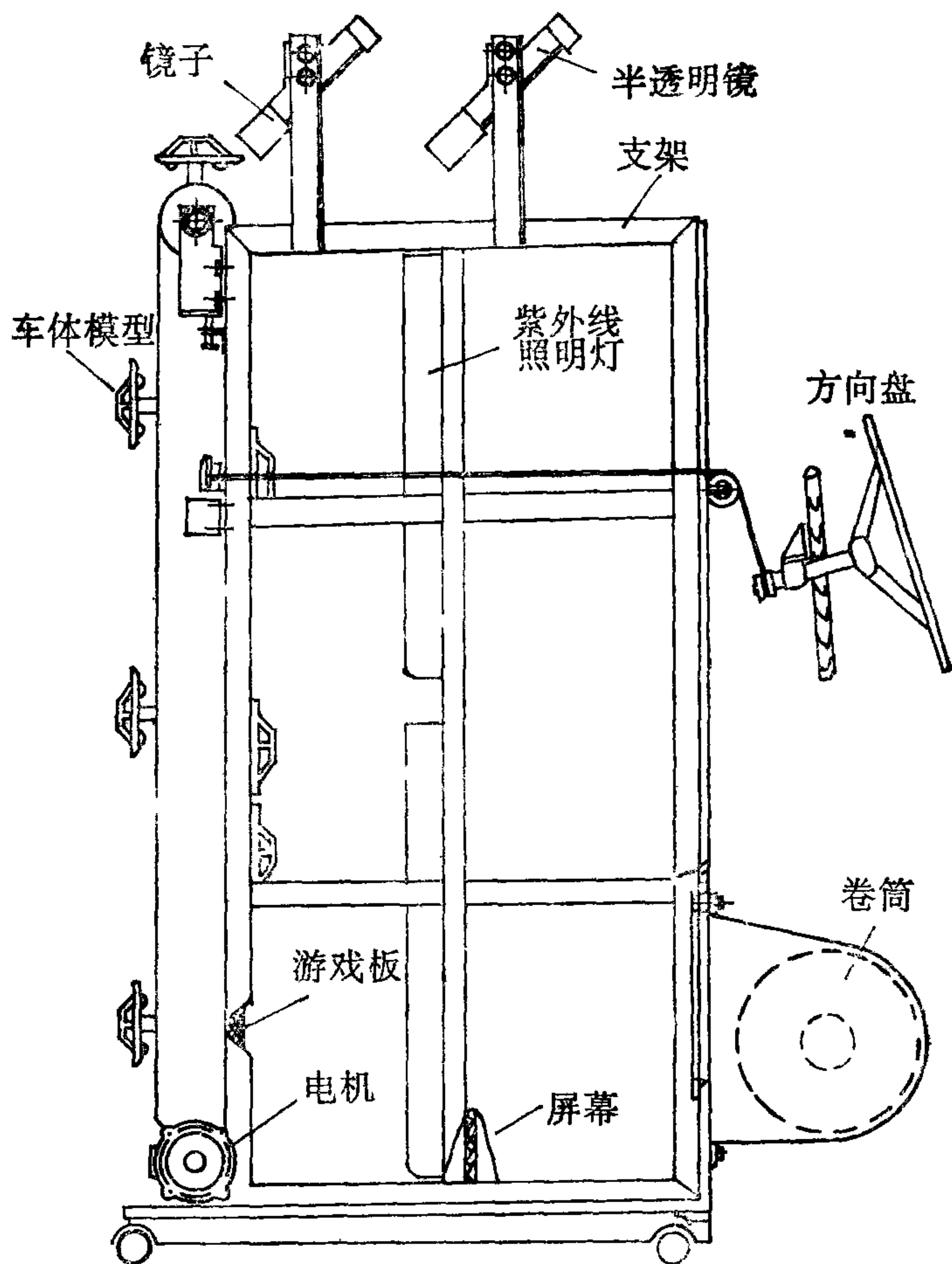


图 2-2 模拟式赛车游戏机的控制结构

汽车模型的传动机构 7 等部件的输出。逻辑部件 3 的一个输出信号经放大器 6 送至传动机构 7，另外两个输出作为信号

盘10和得分计数器9的一个输入。起停器2的输入为时间指示器4和得分计数器9的输出。得分计数器9的一个输出即为信号盘10的一个输入。伴音控制器5的输入为逻辑部件3和放大器6的输出，其输出又反馈至放大器6。起停器2的起停信号被送至无触点控制装置8。8的输出被送至放大器6进行放大。

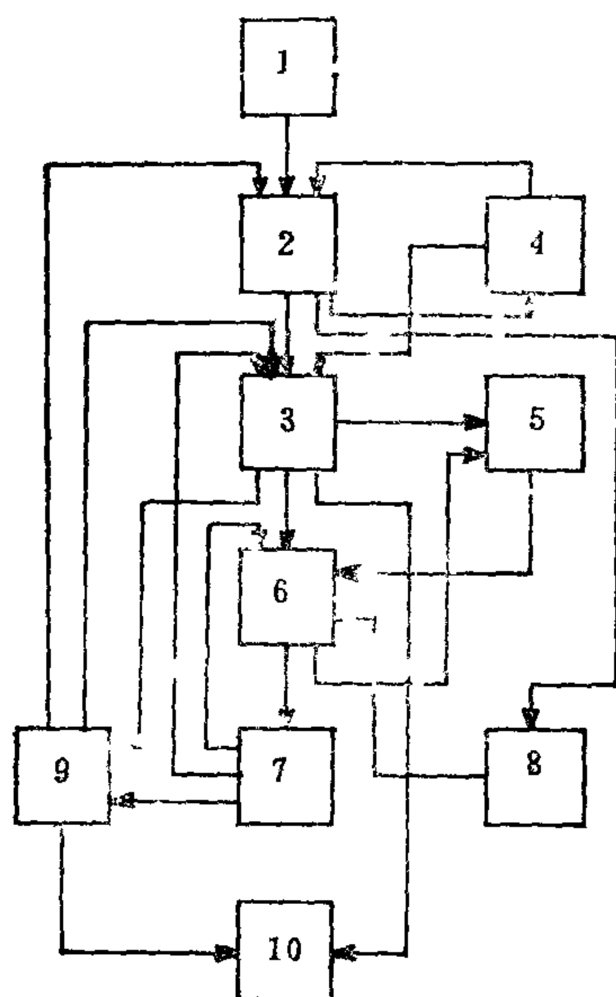


图 2-3 模拟赛车游戏机的功能框图

游戏开始以后，起停器把起动信号传输给时间指示器、逻辑部件和无触点控制器的输入端，并经逻辑部件传送给伴音装置、信号盘、得分计数器和放大器的输入端，以便在开始时间计数的同时使电机转动，再带动胶圈转动，并发出汽车发动机的模拟声响。汽车的行驶和街景的转动速度是通过游戏者踩压踏板的松紧度来调节的。游戏者通过转动方向盘以使被控汽车避免与其他小汽车或路栏相撞。一旦发生碰撞，圈筒就会停止转动，停机信号立刻会被送入逻辑部件。同时，伴音装置会发出撞车和汽车制动时的嘎吱声。

2.2 家用驻留节目电视游戏机

2.2.1 家用驻留节目电视游戏机的一般特征

起初，我国大量生产的家用电视游戏机，它的全部信息处理都集中在一块 AY-3-8500 上。游戏节目程序存放在其中的只读存储器内。游戏者通过游戏节目控制器可以对游戏节目进行选择。这种游戏机一般接在家用电视机的一个不使用频道上，在电视机屏幕上显示出所选游戏节目的图形。例如，在进行乒乓球比赛游戏时，球拍的位置由游戏者旋转电位器进行控制。球的初始运动方向和角度完全由存储器中的程序来实现。球与球拍是否相碰，依靠逻辑控制单元进行判断。如果球按原来预定的程序与球拍相碰，那么就会按原程序将球弹回，并将这个数据寄存在随机存取存储器内，作为下一次相碰撞时的判断依据，并且还可以作为比分保留下来。球与球拍按规定相碰时，逻辑控制单元会通过扬声器发出一种模拟球与球拍相碰时的声响。

家用驻留节目电视游戏机一般由以下几部分组成。即一块具有微处理机功能的大规模集成电路 AY-3-8500，2MHz 的时钟振荡器，音频放大器，球拍 *RC* 网络，视频、同步信号混合电路，功能选择开关，游戏选择开关，高频调制器以及稳压电源等，如图2-4 所示。

对于彩色显示的这类电视游戏机，为了适应我国PAL-D 彩色制式要求，电视游戏机除了产生图象的视频信号以外，还要产生行、场同步信号，使游戏机与电视机保持频率和

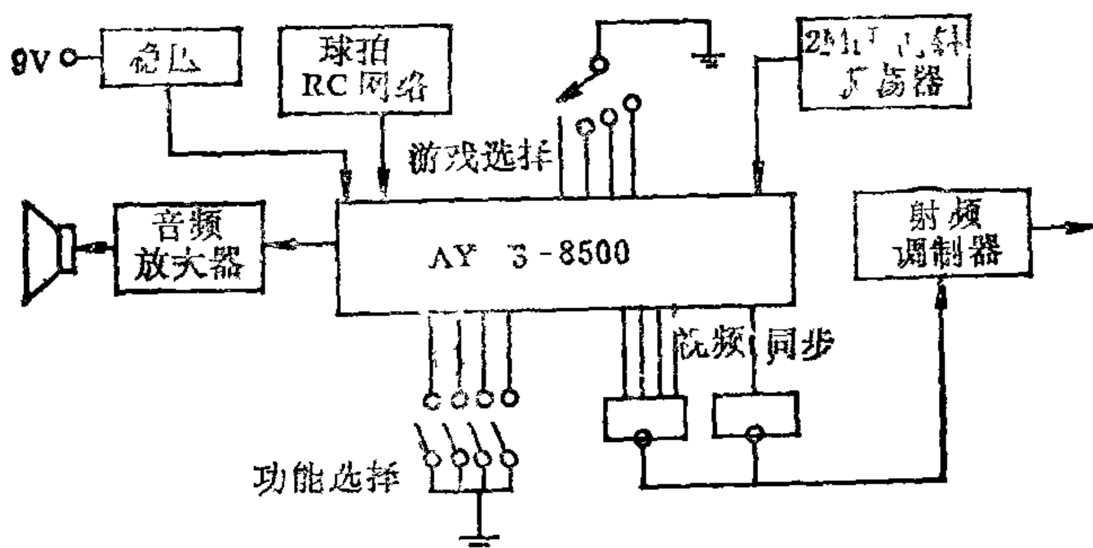


图 2-4 家用驻留节目电视游戏机原理图

相位上的一致。游戏机产生的行、场同步脉冲均由 2MHz的时钟信号频率通过分频来获得。2MHz经过 128 次分频可以得到15,625Hz的行频。再将行频经过312 次分频可以得到50 Hz的场频。行、场同步脉冲与视频信号经过逻辑门混合后成为全电视信号。然后，进行射频调制再送入电视机。当然，必须采用各地不使用的空闲频道来作为游戏信号的注入频道。否则，游戏信号就会受到当地电视台信号的严重干扰。

这种游戏机的伴音信号采用了调频制。它可以不经过电视机，由内部音频放大器放大以后，送到游戏机内本身的扬声器上。球拍的移动由RC网络来决定。RC上升波形的模拟量经AY-3-8500电路转换成数字量，再经运算以后，在荧光屏上显示出图形。

家用驻留节目电视游戏机的主要技术参数：

（1）电源电压：6 V或9 V

（2）工作电流：50mA

（3）高频输出：250μV

（4）频道：电视机的空闲频道

（5）时钟频率：2.012MHz±1%

（6）时钟信号幅度：4～6V

（7）行频：15,625Hz

（8）场频：50Hz

（9）全电视信号幅度：5.4V

（10）输出阻抗：75Ω

图2-5所示为一种常见的家用赛球电视游戏机，一般只

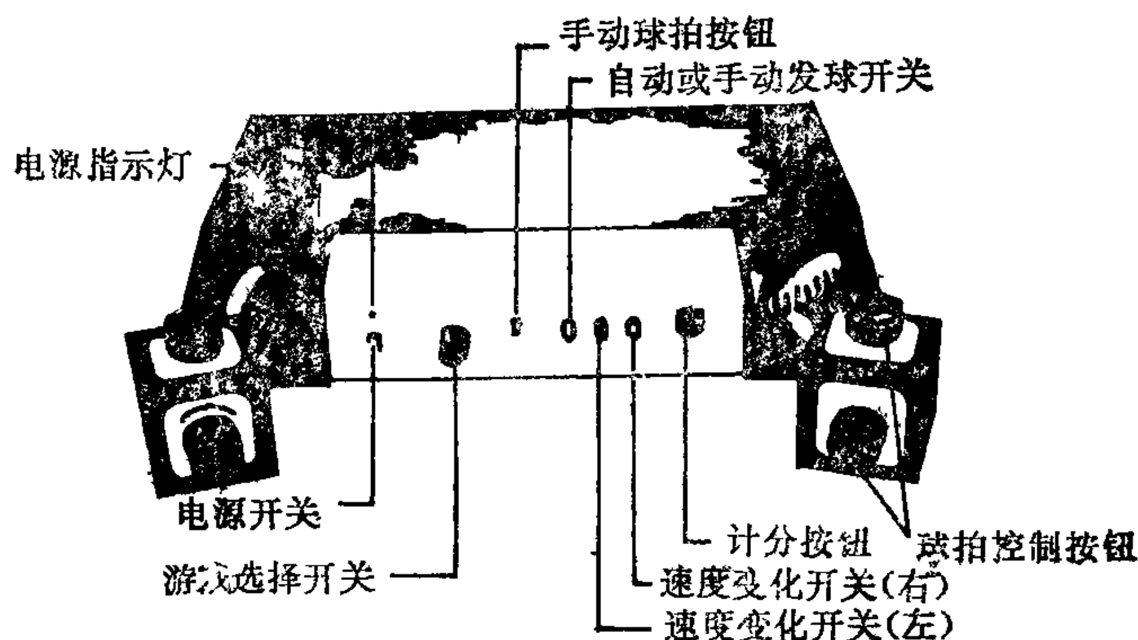


图 2-5 家用赛球电视游戏机

能玩少数种球类游戏。这种游戏机的优点是，操作方便、结构简单、价格低廉。而它的一个严重缺点是，显示图形大多是固定不变的。这样，长期使用以后，会使显象管上固定图形部分的荧光粉过早老化而降低显象管的寿命。目前，我国城市的家用电视机正处于黑白向彩色的转化阶段。在换下的黑白电视机上装上这种游戏机可以开辟新的游戏领域。下面介绍这种游戏机的使用方法和电路。

这种电视游戏机使用黑白电视机作显示器，既可收看电视节目，又可通过一个开关转换为电视游戏。这种游戏机可通过游戏选择开关来选择玩练球、足球、回力球、曲棍球、网球及乒乓球等比赛游戏。游戏机的左右两侧各连有一个遥控球拍控制器，游戏者可通过它控制球的运行路线。该游戏机的6种游戏可以供1至4人玩。游戏时，将电源开关拨到开（ON）的位置，这时指示灯亮。游戏机上设有"自动或手动发球按钮"，当转到自动发球时，球就会自动地发出来。左、右两个球速变化开关平时不用调节就可以自动地逐渐增加球的运行速度，以使游戏的难度越来越大。计分按钮有两种作用：其一，当每次游戏得分达到每局最高分时，即结束一局。按动该按钮可以重新开始下一局游戏。其二，在按动游戏选择开关转换到其它游戏节目时，需按动该按钮以清除上一次游戏的得分。

6种球类游戏的内容如下：

（1）练球：如图2-6所示，这是一种供1人独自练习球的游戏，若无法打到球时即丢失1分。

（2）足球：如图2-7所示，这种游戏可供2人或4人共同游戏。4个控制旋钮各控制1个代表足球球员的球拍，有攻有守，将球攻入对方球门即可得分。先得21分者为胜。

（3）回力球：如图2-8所示，在这种游戏中，两个人使用左、右球拍控制器上方的两个控制按钮同方向向壁击球，以使对方失球。一方失球一次，另一方就得1分。以先得满21分者为胜。

（4）曲棍球：如图2-9所示，这种游戏可供两个人共同玩。2人分别使用左、右球拍控制器上方的两个控制按钮来

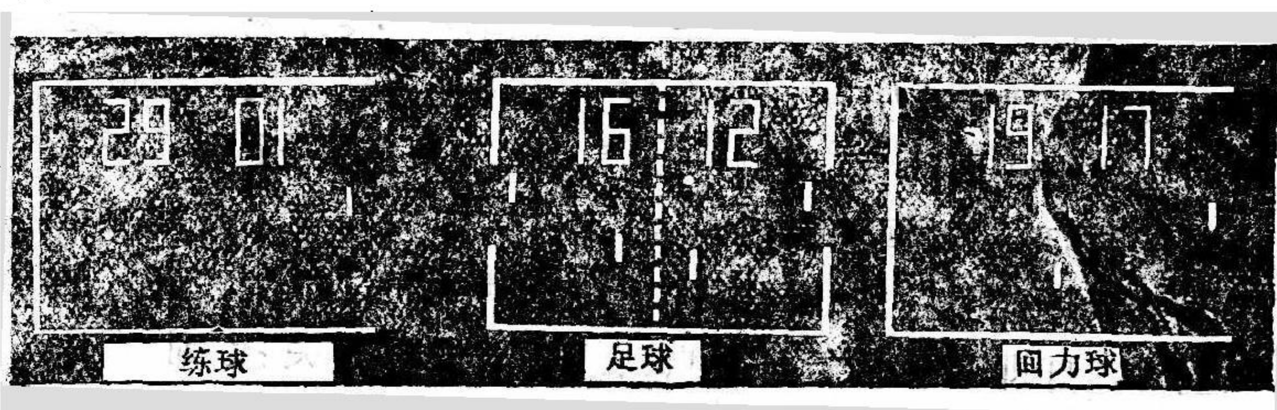


图 2-6　练球游戏　　图 2-7　足球游戏　　图 2-8　回力球游戏

击球，将球击入对方球门内即可得分。以先得21分为胜。

（5）网球：如图2-10所示，这是一种供 2 人或 4 人共同玩的游戏。4 个人各控制一个“球拍”，有攻有守。将球击入对方场地底线即可得分，以先得21分者为胜。

（6）乒乓球：如图2-11所示，这种游戏可供 2 人共同玩。2 人各使用左、右球拍控制器上方的两个控制按钮来控制击球位置和时间，将球击中对方场地底线即可得分，以先得21分者为胜。

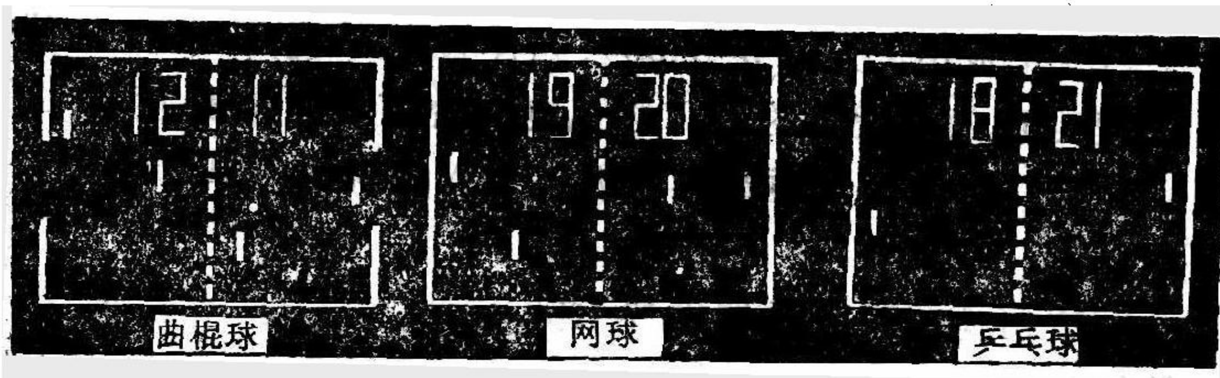


图 2-9　曲棍球游戏　　图 2-10　网球游戏　　图 2-11　乒乓球游戏

2.2.2　家用赛球游戏机的功能和电路

这种游戏机具有自动计分功能，从零一直可以计到每一局的最高分。当达到最高分时，可按动复位开关清零，重新

进行下一局的比赛。游戏机上还设有角度变换开关和球速选择开关等多种控制开关。将角度变换开关扳到"关"的位置时，则球被碰回的反射角为±20°，即小角度；扳到"开"的位置时，球被碰回的反射角为±40°，即大角度。将球速选择开关扳到"关"的位置时，球即低速运行；扳到"开"的位置时，球即高速运行。将自动或手动发球开关扳到"手动"位置时，则不能进行自动发球。这时需要按动一次手动发球按钮才能发一次球。将该开关扳到"自动"方式时，则能自动发球。另外，游戏机上还设有球拍大小选择开关，将它扳到"关"的位置时，球拍变小；扳到"开"的位置时，则球拍变大。

这种游戏机可产生3种模拟伴音，即球与球拍相碰的声音、球碰到场地的声音以及计分时的声音。

电路特性如下：这种游戏机的整个电路如图2-12所示。它使用9V直流电压，电流为40mA到60mA。V_{cc}为6V至7.2V，即用9V的直流电压经晶体管Q_7转变为7V左右的电压供给集成电路AY-3-8500及晶体管Q_8和Q_9。电路中线圈L_2是为13频道设计的，可避免电视台信号和周围信号的干扰。若将游戏信号通过其它频道送入电视机，则需要重新设计L_2。

图2-11电路中各元器件参数如下：

晶体管：

Q_1～Q_6均为PS9031。Q_7为DZN3569。Q_8、Q_9为C461。ZD为7.5V齐纳二极管。

线圈：

L_1圈数较多，为2MHz。L_2圈数较少，为甚高频振荡

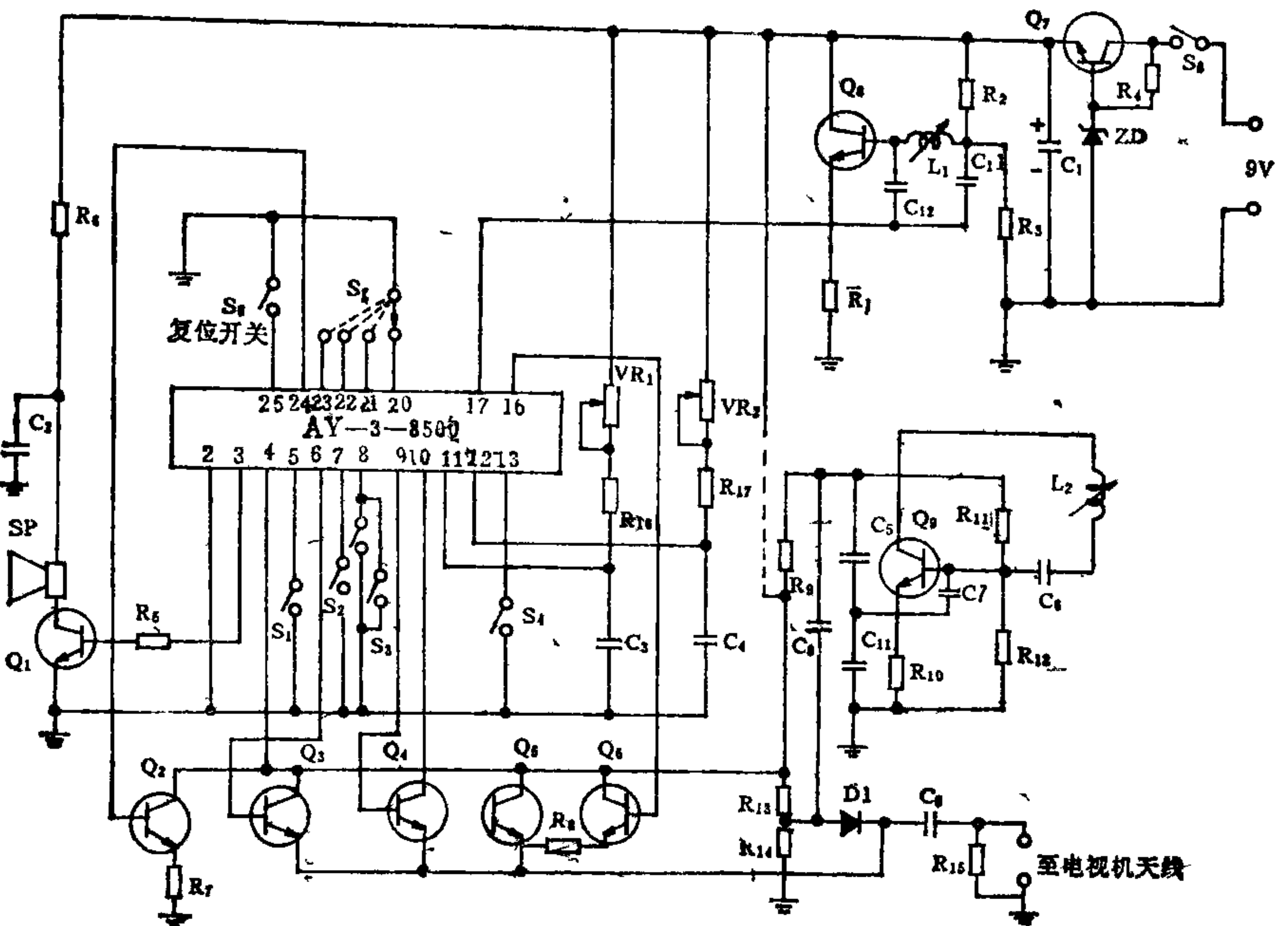


图 2-12　家用赛球游戏机电路

线圈。

扬声器：

阻抗为8Ω，功率为0.2W。

电容器：

C_1、C_2为10000pF，16V。C_3、C_4为0.5μF，50V。C_5、C_6为6.8pF，C_7为4.7pF，C_8、C_9为100pF，C_{10}、C_{11}、C_{12}为180pF。

开关：

S_1～S_4和S_8为一般通断开关。S_5、S_6为激励开关。S_7为选择开关。

电阻器：

R_1（270Ω，1/2W）、R_2（10kΩ，1/4W）、R_3（18kΩ，1/4W）、R_4（1kΩ，1/4W）、R_5（470Ω，1/4W）、R_6（5.6kΩ，1/4W）、R_7（470Ω，1/4W）、R_8（4.7kΩ，1/4W）、R_9（560Ω，1/4W）、R_{10}（560Ω，1/4W）、R_{11}（5.6kΩ，1/4W）、R_{12}（10kΩ，1/4W）、R_{13}（6.8kΩ，1/4W）、R_{14}（1kΩ，1/4W）、R_{15}（390Ω，1/4W）、R_{16}（10kΩ，1/4W）、R_{17}（10kΩ，1/4W）、可变电位器：VR_1和VR_2为1～2MΩ。

2.3 袖珍电子游戏器

袖珍电子游戏器是伴随袖珍电子计算器的发展而诞生的。袖珍电子游戏器多采用单块CMOS大规模集成电路工艺制成，有的是将游戏功能与计算功能结合在一起设计的。现以“太阳能航天飞机”为例来加以说明。

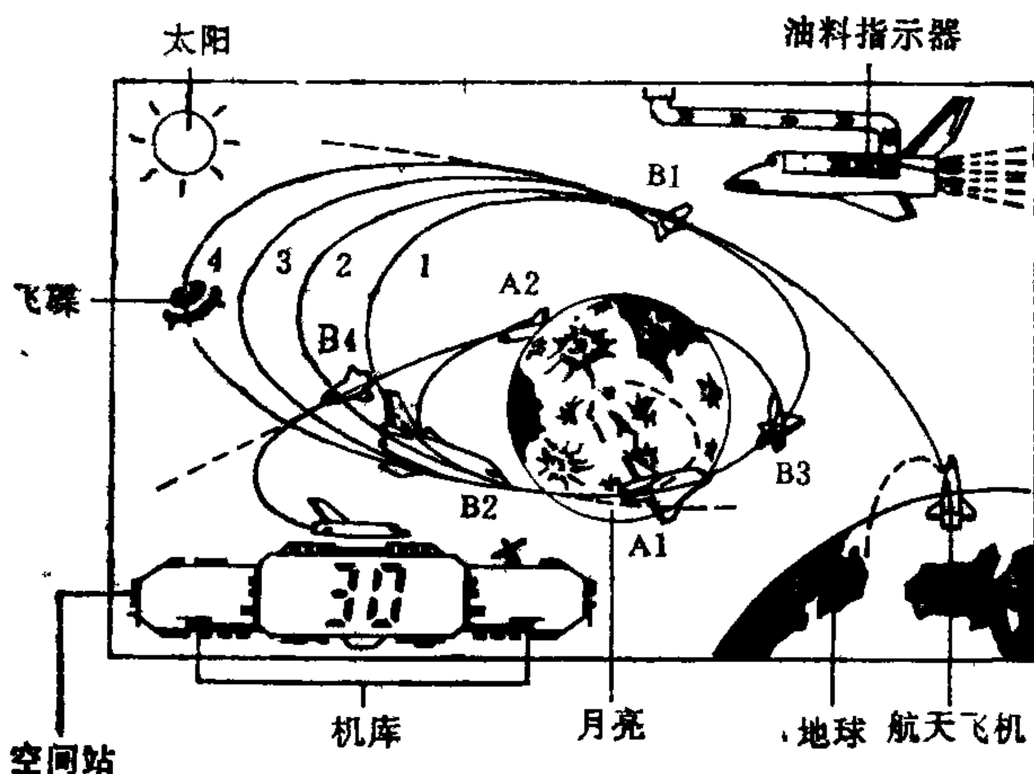


图 2-14　航天飞机游戏示意图

不要使航天飞机飞过头与其它物体相撞而损坏。按动“减速”钮可以使航天飞机在“B”点减小飞行速度。按动“加速”钮可以使航天飞机在“A”点增加飞行速度。如果手指一直按着“加速”钮或“减速”钮，那么航天飞机的飞行速度会连续地增加或减小。

得分的多少取决于航天飞机与空间站对接时所保存的能量。一般可以有 3 个级别：第一级，一种航线；第二级，3 种航线；第三级，6 种航线。级别越高，航天飞机与空间站的对接就变得越加困难，而在这种飞行中，所得的分数也相应地有所增加。

当飞机成功地进入一种轨道时就会得分。完成第一轨道飞行得 1 分，完成第二轨道的飞行得 2 分，完成第三轨道的飞行得 3 分，完成第四轨道的飞行得 4 分。完成每种轨道飞

行的 3 种飞行任务，每次得分都会自动累加。要想获得多次10分的奖励分就必须完成航天飞机与空间站的对接。如果成功地完成了空间站的对接任务，则可在得分的基础上，还可获得100分的奖励分。

当然，一旦累积10分以上，则航天飞机的能量就会补足。这些充足的能量可以一直使用到完成飞行任务。如果航天飞机被撞毁、航天飞机与飞碟相撞、所有的能量耗尽、60秒的游戏时间已到等，其中的一种情况出现 3 次或者这些情况混合出现累计达 3 次时，则显示器上会出现“游戏终止”的字样而停止游戏。

2.4 商用电脑电视游戏机

2.4.1 商用电脑电视游戏机的一般特征

电视游戏机的另一种更为普及的类型则是商用电脑电视游戏机。这种游戏机主要用于公众娱乐场所的收费游戏。国外称之为“ARCADE”，这个词的原意是拱廊，即商场的货廊，其引深的意思是商用收费游戏。游戏者投入硬币后，机器会自动起动。

商用电脑电视游戏机一般有 3 种类型，即立柜式、桌式和座仓式，一般体积都比较大。从电路结构上看，由于这种游戏机均采用 8 位微电脑控制，而且只读存储器的容量也比较大，所以其游戏功能大增，无论是节目内容、色彩、层次，还是音响等方面均达到很高水平。由于这类游戏机适于收费游戏，所以近些年来已成为国外最盛行的一个游戏机品种，具

体有以下6个特点：

（1）节目种类繁多，不断更新。目前世界上流行的电脑电视游戏节目已达1000种以上，而且新的游戏节目层出不穷。其中较为常见的有各种模拟战争的游戏，例如用飞机、坦克或军舰等进行海陆空大战以及用火箭进行宇宙空间大战的游戏。还有许多驾驶交通工具进行比赛的游戏，例如驾驶汽车、轮船、飞机等比赛游戏机。总而言之，可谓人们所能想象出来的各类游戏节目应有尽有。所以这种游戏机摆在游戏场所可以适应各种人的兴趣和爱好。

（2）内容丰富，色彩鲜艳。这种游戏机彩色屏幕显示出来的图象，如游鱼、飞鸟、星空等栩栩如生，也有纯属想象出来的空间怪物、宇宙人、飞碟、黑洞之类的形象。除了主要画面以外，其背景画面或辅助画面的内容也很丰富。

（3）层次复杂，深奥莫测。随着游戏者操作水平的提高，每一轮的图象内容、色彩均不相同。同时，游戏难度也逐渐提高，以致于使游戏的层次之深令人难以预测。

（4）音响逼真，效果突出。这种游戏机既有各种十分逼真的模拟声，如战争中的枪炮声和动物的鸣叫声等，听了尤如身临其境，又有典雅的乐曲相配，真是令人陶醉。

（5）操作方便，无需管理。只要投入硬币之后，机器可自动开启，玩到一定程度时会自动终止游戏，等待投币。在无人投币的空运行期间，则可自动地打出字幕，显示游戏的内容和比赛方法，并演示一番操作技巧，吸引人去玩。

（6）结构合理，易于更换。各种电脑游戏机除了主电脑板以外，其它部件均已通用化，因此制造、维修和更换游戏品种都比较方便。特别是近几年来市场上又推出了盒式

磁带、激光唱片式节目存储媒体，更换游戏节目就更加方便了，而且更换节目的成本也显著降低，从而使这种游戏机更易于推广了。

2.4.2 几种常见的商用电脑电视游戏机

最常见的商用电脑电视游戏机电路框图如图2-15所示。操纵台由若干微动按钮开关和操纵杆组成，这是微电脑的输

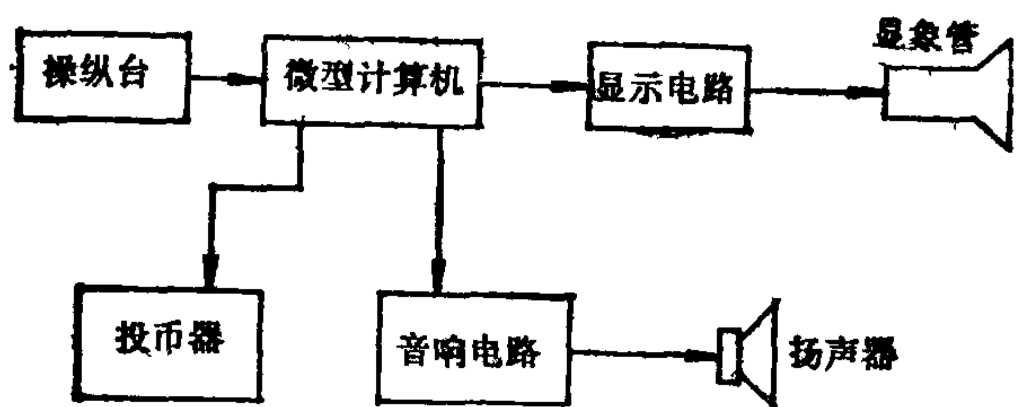


图 2-15 商用电脑电视游戏机电路框图

入装置。游戏者可以通过它来操纵所要控制的游戏目标，与对手或电脑进行各种比赛和竞争。

商用电脑电视游戏机的微电脑部分由微处理器、时钟信号发生器、图象发生器、音响信号发生器、计数器以及输入输出接口等部分组成。

显示电路和显示屏幕是微电脑的输出部件，光栅的行场扫描由微电脑的复合同步信号进行控制。图象信号分别经3路视频放大器后，控制*R*（红）、*G*（绿）、*B*（蓝）三色电子束的强度，最后在屏幕上合成出彩色图象。

音响信号是将微电脑输出的音响信号进行处理，在扬声

器上发出各种模拟物体运动的声响。这样，就增强了游戏的真实感和娱乐气氛。

投币器是使用硬币的大小和重量来控制游戏信号启停的机械开关装置。投入所要求的硬币以后便能启动游戏信号。一般投入一枚硬币以后可以玩一个预定的游戏回合。游戏信号停止以后，再投入一枚硬币可继续进行游戏。也可以一次连续投入若干枚硬币，连续玩若干回合的游戏。

近年来，世界上又出现了激光唱片游戏机。这种游戏机是在电视唱机的基础上发展起来的，其电路框图如图2-16所示。整个系统的功能可通过控制面板来进行控制。游戏者首先将信息传送给游戏机的微处理器，它包括CPU和随机存取存储器。CPU依次将控制信息传送给视频唱机，同时通知下一幅搜索哪一帧画面。视频显示处理器根据CPU的指令产生出电脑处理的图象，使这些图象与视频唱机提供的图象相同步，并把它们显示在屏幕上。伴音电路根据CPU的指令产生出伴音信号，并分成两路送到两个扬声器，以体现出立体声效果。

最近，在国外的游戏场上又出现了一种立体显示的游戏

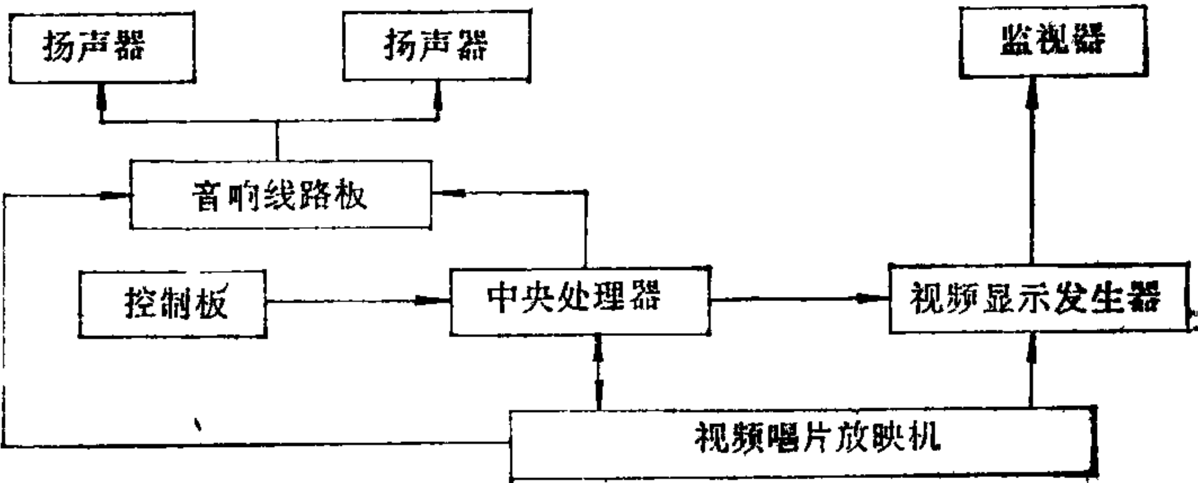


图 2-16 视频唱片游戏机电路框图

机。这种立体游戏机是在三维光栅和矢量技术的基础上发展起来的，其电路框图如图2-17所示。在这种游戏机上，游戏者可以通过控制面板将信息送给微处理器（通常是16位的MC68000）。一个或多个专用数学处理器执行三维空间（3D）运动物体所必要的计算。矢量发生器或视频显示处理器把形成的图象投放到屏幕上。伴音信号是由一组专用的电路芯片产生的，经立体声放大后，由扬声器送出。美国雅达利公司的"星战"游戏机就是一种矢量图象的游戏机。这种游戏机的编程器能够控制绘画矢量光束的聚焦，并能把显示器所显示的线条变粗或变细，明暗渐分，层次丰富，呈现出立体感图象来。

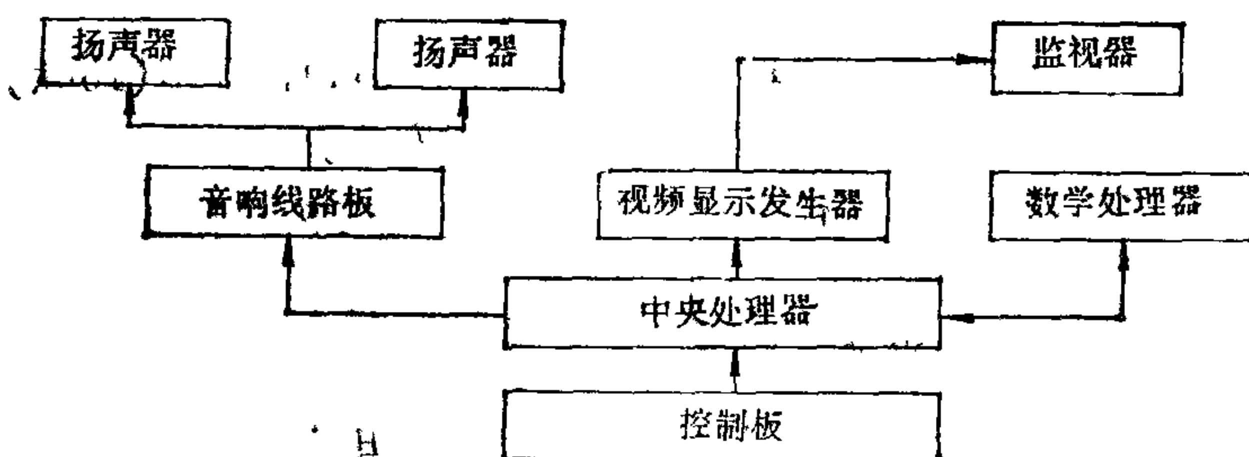


图 2-17　立体视频游戏机框图

2.5　家用电脑电视游戏机——"任天堂"

近年来，大批"任天堂"和"小天才"电视游戏机涌入我国市场，进入许多家庭，使我国的电视游戏发生了巨大的

变化。

早期的电视游戏节目卡的存储容量只有4k左右，游戏机多采用AY-3-8500系列单片集成电路。单片微处理机的出现使家用电子游戏机迅速电脑化，其功能不断增强，远远超过了AY-3-8500系列，体积不断缩小，图象质量和音响效果均接近于大型电脑公共游戏机。"任天堂"的许多游戏节目也是大型电脑游戏节目的浓缩本。"任天堂"的游戏节目丰富多彩，其节目卡超过3000种；游戏程序容量不断扩大，趣味性和刺激性不断提高。

"任天堂"电视游戏节目存储容量从几十k高达几百k。近来，又出现了1M以上存储容量的游戏节目。"任天堂"电视游戏节目通常分为8个级别。A卡(24k)、B卡(40k)、C卡(48k)、D卡(64k)、E卡(80k)、F卡(128k)、G卡(160k)和H卡(256k)。高档H卡的价格在250元左右。

日本原装的"任天堂"游戏机多为NTSC制，而我国的彩电制式为PAL制。我国进口的"任天堂"游戏机大多已经过香港改制。当然，近来，日本也设计了一些适合中国家庭使用的电视游戏机。"小天才"游戏机是由"任天堂"改进而来，因此两者的游戏软件完全兼容，游戏卡可以互换。

2.5.1 "任天堂"游戏机的配置

与其它电视游戏机一样，"任天堂"游戏机的基本配置由主机、控制盒、电源及节目卡等部分组成，如图2-18所示。

主机上的开关和插孔的功能如下：

①电源开关(POWER)，②节目卡推出键(RUSH)，③游

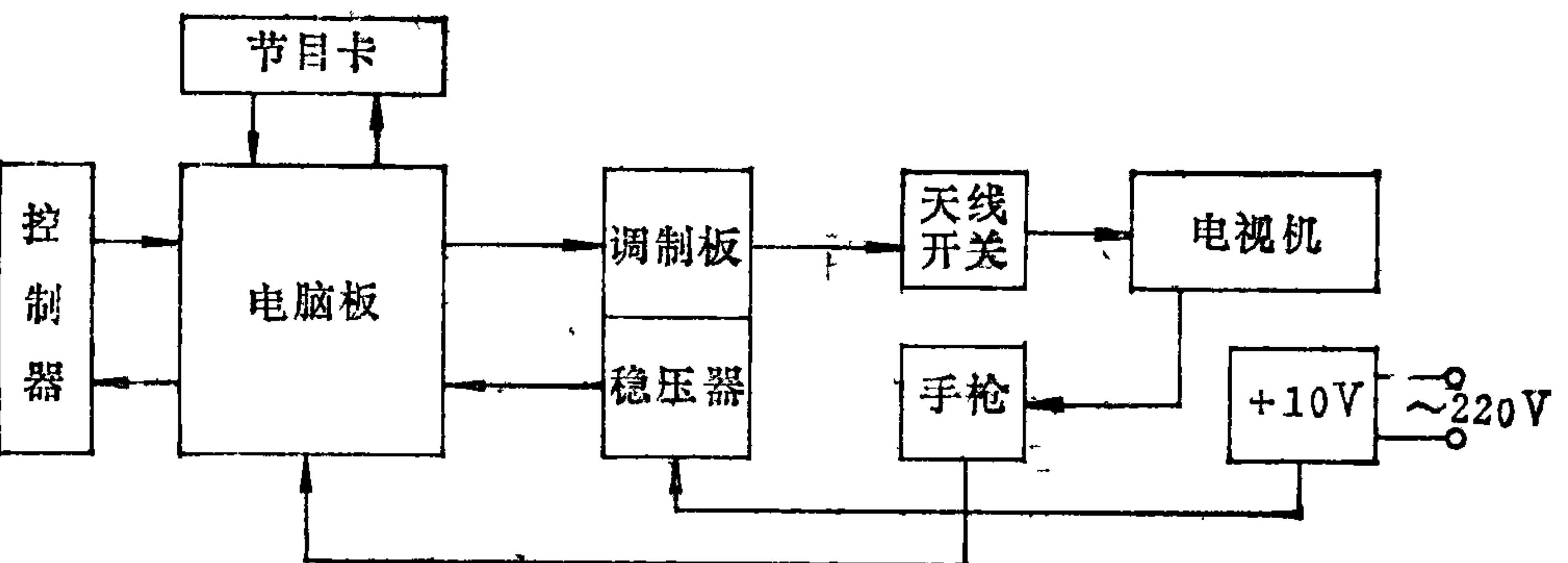


图 2-18 "任天堂"游戏机的基本配置

戏机复位开关(RESET)，按下该开关后，程序清零，等待节目开始指令，④手枪及电脑键盘插座，⑤+10V电源插孔，⑥调制后的全电视信号输出插孔（TV/VHF），⑦场频选择开关（50Hz/60Hz），⑧视频插孔，⑨音频插孔。

控制盒上各键的功能如下：

①START，节目开始（启动游戏程序）；②SELECT，选择键；③A、B两个攻击键；④↑↓←→，上下左右运动方向控制键；⑤……攻击速度调节开关。

天线开关盒的各开关功能如下：

①COM PUT，开关置于该位置时可使电视机与游戏机接通；②ANTENNA，开关置于该位置时可使电视机与室外天线相接通；③TV，开关置于该位置时，开关盒悬空，电视机可利用本机的天线工作。

2.5.2 "任天堂"游戏机的操作

在进行游戏之前，应首先检查各组成部件的连接是否正确。确信连接无误后方可插上节目卡。然后，接通电源，打开电视机开关，按下游戏机的电源开关。再调节电视机的频率微调开关，直至屏幕上出现清晰的游戏图象为止。有时，图象会出现上下滚动，这说明场频不对。这时，可将场频选择开关调至50Hz的位置。

游戏时，游戏者按动启动键即可进行游戏了。游戏者可不断地操纵A、B键及运动方向键，与电脑一直战斗到一方失败游戏即结束。这时，电视屏幕上会出现游戏的导引程序，指导游戏者如何进行下面的游戏。

如果在游戏进行过程中需要更换游戏节目卡，则一定先

关掉主机电源，再按动PUSH键，使原来的游戏节目卡弹出，再将新的游戏节目卡插口向下轻轻压入槽内。然后，再开始进行新的游戏。若不关掉主机电源就更换节目卡，则易使节目卡内的元器件短路，使其损坏或影响使用寿命。若需要进行射击游戏，也须先关掉主机电源，再装上射击节目卡，将手枪连线插入其插座内，再通电进行游戏。

2.5.3 “任天堂”游戏机的工作原理

“任天堂”游戏机及由其派生出的“小天才”游戏机，其系统结构与大型商用电脑游戏机很相似。其系统原理方框图如图2-18所示。游戏机主机主要由电脑板、节目卡及调制板等组成。其操纵控制器则一般由两个控制盒构成。

（1）电脑板

如图2-19所示，晶体X_1与三极管Q_2、Q_3组成脉冲发生器。它可产生21.4772MHz的脉冲，该脉冲可用作IC6527中央处理单元（CPU）和图象处理单元（PPU）的时钟。IC6527为8位单片微电脑。其地址线A_{13-15}和RDY信号线作为两块2-4译码器LS139的输入端。当地址位于8000～FFFF之间，RDY为高电平时，则选通节目卡只读存储器(ROM)；当地址位于0000～1FFF之间时，则随机存储器（RAM）有效；当地址位于2000～3FFF之间时，则图象处理单元有效。只读存储器的存储容量可扩展为256k，随机存储器的存储容量为16k，可扩展至64k。

电脑板接通电源后，主机复位，脉冲发生器向中央处理单元输出时钟脉冲，同时向中央处理单元的RESET引脚外接电容器C_1充电。中央处理单元根据该脚的跳变信号执行节

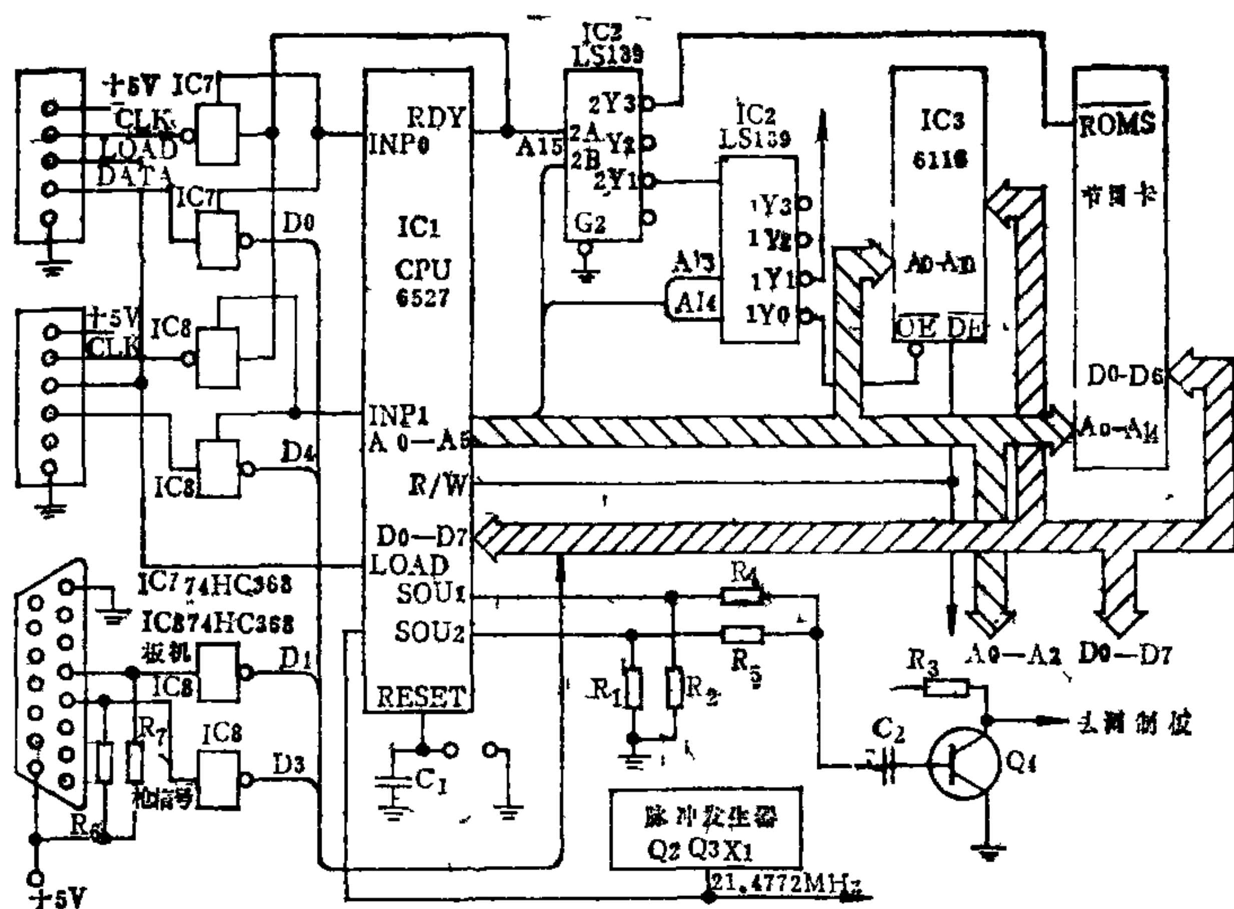


图 2-19 "任天堂"的主机电脑板

目卡只读存储器中的游戏调度程序。根据程序要求，中央处理单元将音响数据转变为模拟信号，由Q_4合成为音频信号，送至调制板。随机存储器用来寄存中央处理单元数据，中央处理单元将图象信号送至图象处理单元，加工成PAL全电视信号。IC_7和IC_8用来接收Ⅰ、Ⅱ控制盒或手枪的控制信号，并通过INP_0、INP_1送至中央处理单元端口，图2-20为电脑板的装配简图。

（2）图象发生器

如图2-21所示，图象处理单元将中央处理单元送来的图象数据信号转变为地址信号。该地址信号用作视频随机存储器（VRAM）和视频只读存储器（VROM）的地址信号，由DB_0～DB_7和PA_8～PA_{13}送出。当DB_0～DB_7用作输入时，

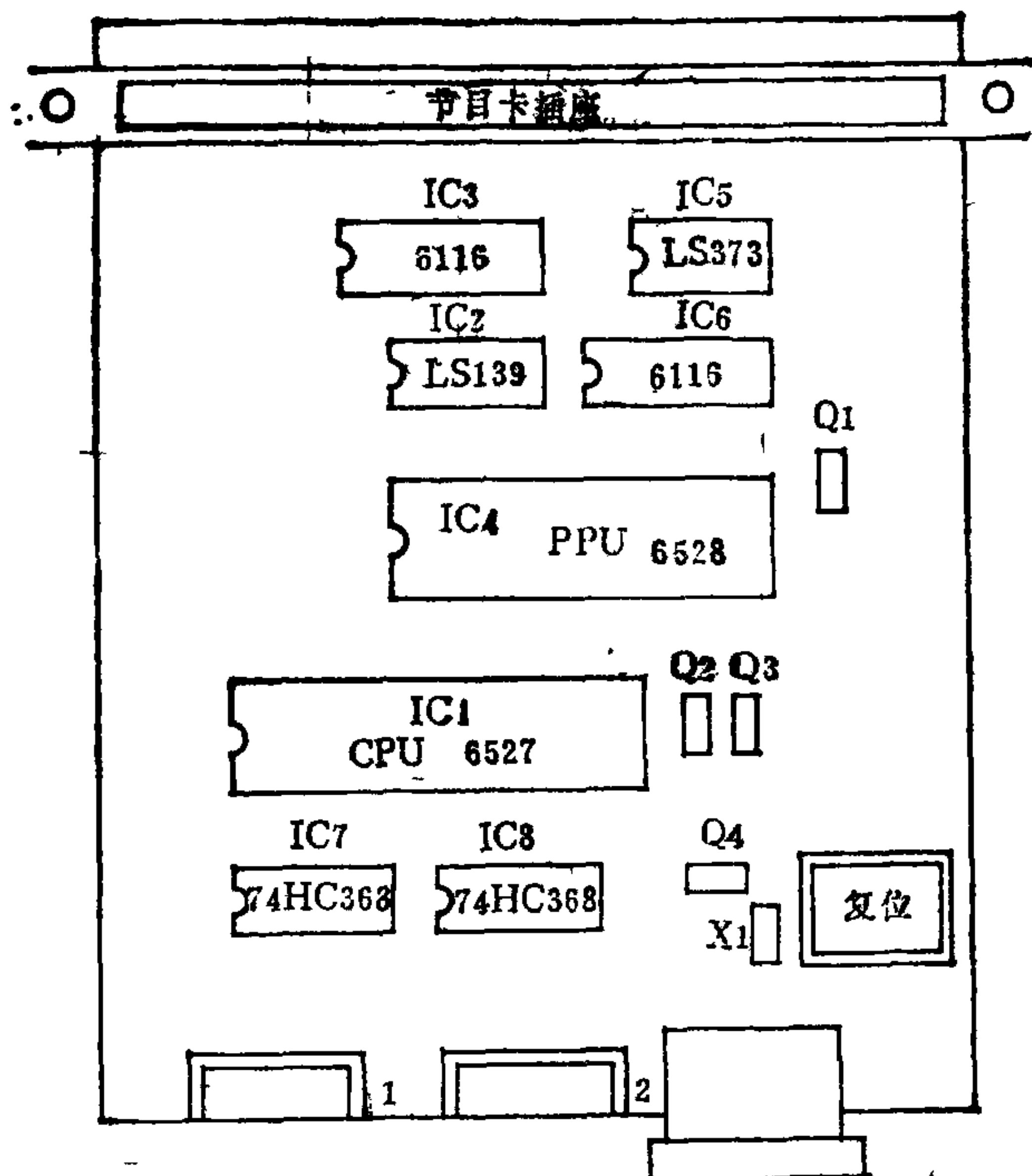


图 2-20　电脑板装配简图

图象处理单元的ME首先变为高电平。这时，$DB_0 \sim DB_7$出现低8位地址信号，地址锁存器74LS373接收来自图象处理单元的低8位地址信号，并在ME变为低电平后锁存。于是，低8位地址信号就会在视频随机存储器的地址端口上出现。图象处理单元的PA_8和PA_9给出视频随机存储器的高2位地址。PA_{13}通过与门电路作为视频随机存储器的芯片选择信号。这样，视频随机存储器的选通地址为0000～1FFF。视频只读存储器的读出由图象处理单元的$\overline{CE}$进行控制。有

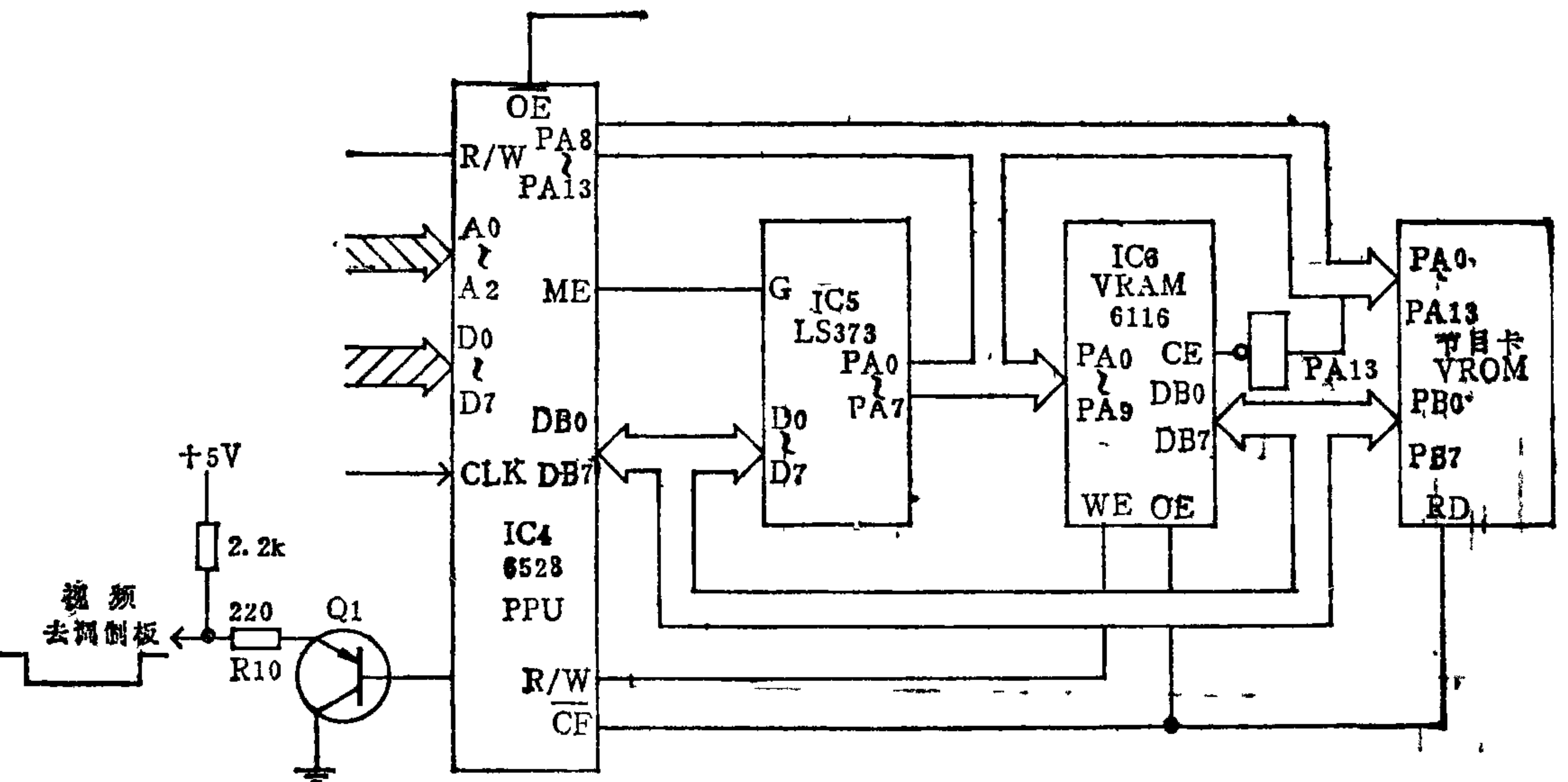


图 2-21 图象发生器原理图

效地址各为64k。图象处理单元从视频只读存储器读出并行数据，经过并/串的转换，再由晶体管Q_1驱动输出全电视视频信号。

（3）控制器

控制器是一组滑动开关。游戏者通过控制器将动作意图输入给游戏微电脑。IQ301控制器的逻辑电路图如图2-22所示。CMOS集成电路IC4021是一个并入串出式移位寄存器。它可以将控制器的控制开关P_1～P_8信号进行并/串转换，再由Q_8端子送至中央处理单元的输入输出电路，IC_1反相器与R_1、C_1、R_2及C_2组成了两组振荡电路，通过滑动开关的动作产生了A攻击、B攻击等信号，再与其速度键配合，形成了不同速度的进攻信号。

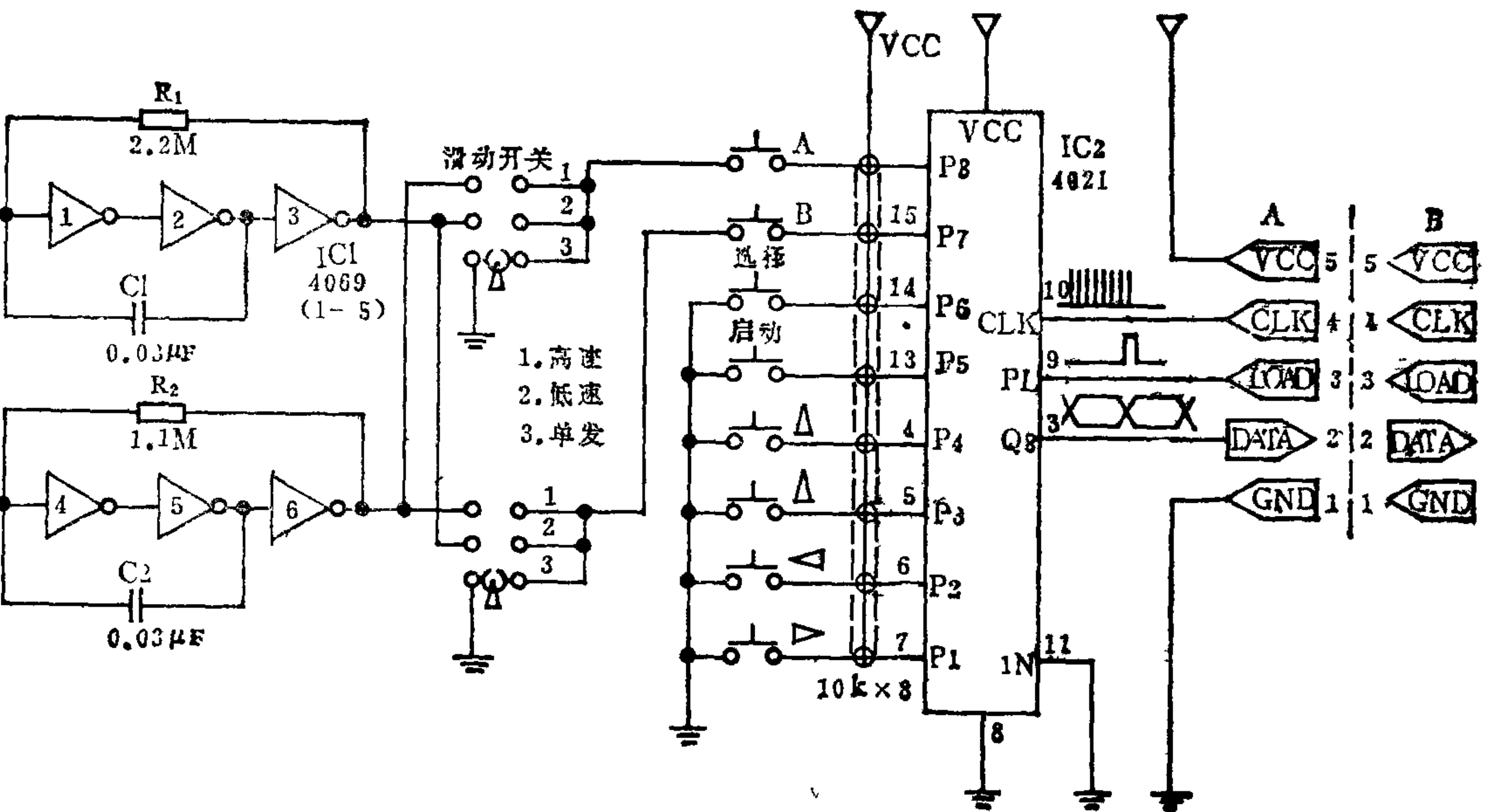


图 2-22 IQ301控制器原理图

第三章　电子游戏机设计的思想基础

3.1　游戏与电子学

在人类的生活中，电子技术的重要性在与日俱增。"电视"扩大了人们的眼界；"无线电话"可以把人们的声音传得更远；"遥控系统"可以使人们的手臂伸得更长。还有很多事实可以使人们相信，在所有的实际应用中，电子技术是人们用以改进和扩大感观功能的有效工具。因此，在讨论电子游戏机的设计之前，必须对人类的感观知识有一定的了解，其中包括人类视觉和听觉的一些原理。另外，还要知道电视图象和伴音的产生方法。当然，在将电子技术应用到游戏的过程中，还会遇到许多新的问题。在介绍这些具体技术之前，简单地回顾一下感观知识的物理概念和游戏的基本属性。

游戏在人类的生活中占据了一个十分特殊的地位。以前，人们在社会学、心理学以及教育学方面已经对游戏进行了研究。从历史的记载中可知，游戏在文明和文化中所起到的作用。过去的游戏，往往是比赛双方在体力和智力方面互相进行竞争。完全可以想象得出，古代山洞里的居住者向目标投掷石头或射箭来进行的娱乐比赛。进行这种游戏的人可以分为两组。一组是比赛者，一组是旁观者。站在比赛者旁的旁观者负责进行裁判。在比赛中，大家的心情都得到了消遣和

快慰。即使在今天，在电视转播的足球比赛中，观众的心情也会与球员的心情一样，随着比赛的起伏而兴奋。

目前，大家所知道的游戏大致可分为两大类。一类是技巧比赛游戏，诸如体力比赛或智力比赛，或者两者兼而有之的比赛。这些比赛的实质因素是游戏者之间的竞争。第二类是“幸运”游戏，其实质因素是游戏者在运气、直觉或一些特殊本领方面的信心。在这种游戏中，人们一直抱着侥幸的运气心理。实际上，求胜是所有游戏者的共同目的。正是这一实质因素才使得获胜者感到希望、兴奋和乐趣，而使失败者感到失望。这就是情绪牵连。

由电视或广播节目所能实现的情绪牵连因素较小，因为它主要取决于演播室播出的节目。但是，在电子游戏中，其情绪牵连因素，致少是一部分要受到设备本身的影响。在人类的历史上，工程师们用电子技术来设计情绪响应这还是第一次。

下面我们来分析一下这种设计的具体要求。仅仅用简单的音调、清晰的画面、鲜明的色彩，逼真的再现声音和低噪音来实现电子游戏的设计还很不够，还必须使这种电子产品富于某些人类的情感。那么，这种情感是什么呢？电子游戏机必须产生什么样的特性才能实现这种情感呢？这就需要首先分析一下情感概念的实质。

如前所述，任何一种游戏，其主要目的是为了取胜，无论是我们取胜于人类的竞争对手或者取胜于“命运”，还是在电子游戏机中取胜于微电脑，其关键因素就是游戏结果的不确定性。如果事先知道了游戏的结局，那么无论是游戏者还是旁观者都不会再产生兴趣。例如，如果在玩扑克中知道了

每个人手中的牌，或者在掷骰游戏中事先知道了点数，那么这些游戏就不会有什么意思了。这一点，即游戏结果的不确定性是电子游戏机设计的最关键因素。对于在正常情况下工程师设计的确定产品来说，这确实是个新的要求。

游戏结果的不确定性既可以通过众多游戏者的不同技巧引入电子游戏机，也可以通过游戏本身引入。不同的游戏者具有不同的手柄控制技巧和智力水平。对于每个游戏者来说，这些技巧每时每刻都不相同。例如旋转旋钮的敏捷性，对显示器的注意程度，大脑反应的灵敏度以及对竞争对手运动趋势的判断等均不相同。所有这些都具有不确定性。在大多数游戏机中，还存在着其他的不确定因素，诸如可以改变一个球的运行轨迹和速度等。

在由游戏机本身提供非确定性的情况下（例如幸运游戏），随机因素是用电路来产生的。掷骰者在掷骰子时会含有许多随机因素。诸如（因速度、弹力和平面位置等的不同，互相碰撞便产生了随机因素，决定了获胜或失败的机遇。随机性意味着事件不能按预定好的次序出现。事件出现的次数可以是有限的，例如骰子有十一个数字，扑克有五十二张牌。然而，其出现的次序却是随机的。随机次序的产生并不象一次思维那样简单。为了产生一长串的随机数字（例如骰子游戏中仅使用 2 至12的数字），那么就必须煞费苦心地进行设计。

在游戏机的情绪因素中，除了不确定性这一主要因素以外，游戏的规则和比分也很重要。所有的游戏都要有一些规则，要求参加游戏的人共同遵守。有时，这些规则也很复杂，使得裁判或公断人不得不中断比赛来进行裁决。不了解

规则是不能进行游戏的。虽然在电子游戏过程中，游戏规则需要每个参加者都知道，但是这些规则也是游戏机的一个组成部分。游戏规则必须与其他随机因素一起设计到电子游戏机的电路中去。在可以进行多种游戏的较为复杂的电脑游戏机中，每种游戏规则都占据着程序存储器的一个特定部分。

“比分如何”，这是每个比赛者和旁观者一直所关心的。在决定下一步对策之前，了解比分是很重要的。在电子游戏机中，要了解比分意味着机器应装有一些能计算每个游戏者输赢的电路。在游戏过程中，这种信息必须以某种格式显示出来。人们不难理解，记分电路必须以某种方式与“了解”比赛规则的电路相连。另外，我们还应使计分电路“了解”比赛开始和结束的时间。

对于使用电视机作显示器的所有游戏机来说，显示比分要涉及到复杂的电路。为了避免使用这些复杂电路，大多数低档的电视游戏机仅显示由七段组成的数字，即我们在数字电子表和袖珍计算器中所熟悉的发光二极管的七段数字。而在那些高档的电脑游戏机中，除了显示数字以外，还可以显示文字和句子。

对上述简短的非电子技术的讨论作一下小结，便可以发现。游戏机的设计师不仅需要考虑游戏者的情绪，而且还要使游戏机富于情感。游戏的规则和比分当然对于所有电子游戏机来说也是共有的主要特征。电视观众会感到，电视屏幕上的情景似乎使自己身临其境。当观看一场足球比赛时，就好象我们自己也在球场内。我们的所见是现场发生的事实，所以当我们的情绪确实卷入时，我们几乎会感到情绪有些紧张，似乎连我们自己也成了球场上的一员了。这种情感卷入

因素对于成功地设计电子游戏机来说确实非常重要。

总而言之，比赛结局的不确定性是任何一种比赛的关键因素。这种不确定性或者来自于游戏者的动作，或者来自于电子游戏机程序内的随机性，都必须给予确实的保障。

3.2 电子游戏机的基本结构

图 3-1 示出了对于任何一种电子游戏机都适用的连接图。图中，游戏者的输入就是眼睛，输出就是手。游戏者注视着游戏机的显示器，并根据显示情况进行手动控制。电子游戏机的输入即为操作面板上的游戏者动作，输出即为电视屏幕显示。游戏者与屏幕之间是电子游戏机的主机和控制部分，对于简单的电子游戏机来说，这部分是一个单块集成电路，而对于复杂的电子游戏机来说，这部分实际上是一台微电脑。

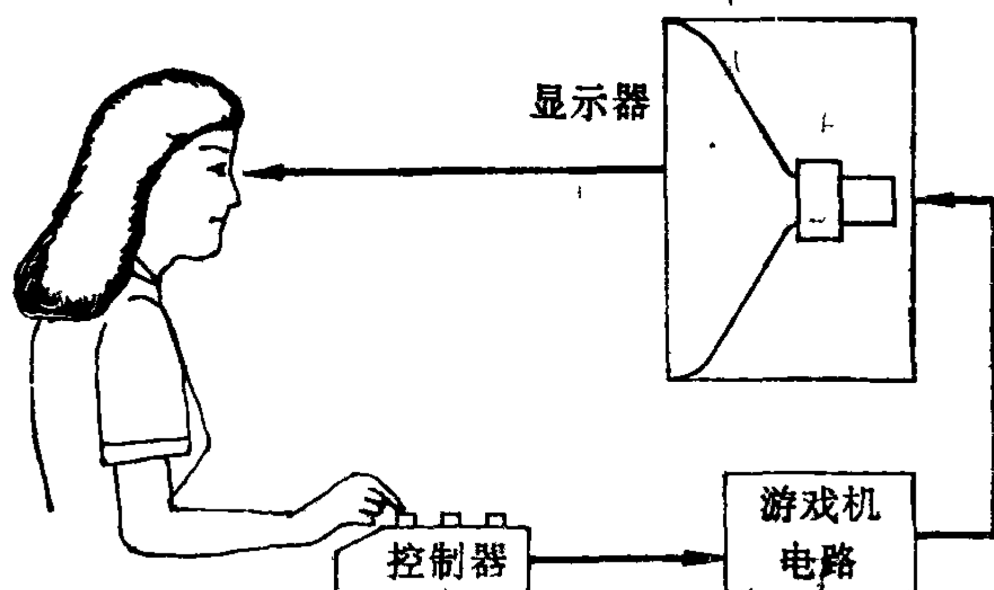


图 3-1 电子游戏机连接图

其实，很多电子游戏机的结构与图3-1所示连接图有很大差别。游戏者的输入并不限于电视屏幕显示，游戏者还可以接受音频信号，使用自已大脑这架非常复杂的计算机指挥比赛。游戏的规则也是可以变化的。游戏者的输出，即手动控制是通过推动按钮或操纵手柄来体现的。操作技巧和反应的敏感性仅仅是游戏者赋予机器的随机因素。为了简化起见，在图3-1中仅画出了一个游戏者，一般也可以由几个游戏者相互进行对抗比赛。或者是按顺序操纵控制器分别计分，或者每个游戏者各使用一个控制器同时计分。

图3-1示出的是一个闭环系统。也就是说，为了使整个系统正常工作，所有部件之间必须能够进行正确的连接和匹配。对于游戏者来说，如果显示器显示得太快或太慢，太亮或太暗，那么整个系统就不能正常地工作。如果控制部件操作起来过于复杂或过于简单，太大或太小，或者它们不能直接地控制显示器，那么系统也不能正常的工作。在后面还要谈到，对于显示器可以向游戏者提供的反应速度和信息量是有着明确限制的。

对电子游戏机的大多数可分为商用投币式、板式及家用电视游戏机三大类。投币式和家用电视游戏机均使用电视显象管作显示器。当然，电视游戏机还具有射频连接部分可以加到电视接收机上。而投币式游戏机具有自己的显示器。板式游戏机采用发光二极管作为显示器。

图3-2示出了基本的家用电视游戏机框图。这里画出了两个游戏者，每个人各有一个可以将信号送入控制逻辑部分的控制部件。主控电路可以帮助人们选择所要进行的游戏方式及其它主要特性。对于所有的电视游戏机来说，几乎都可

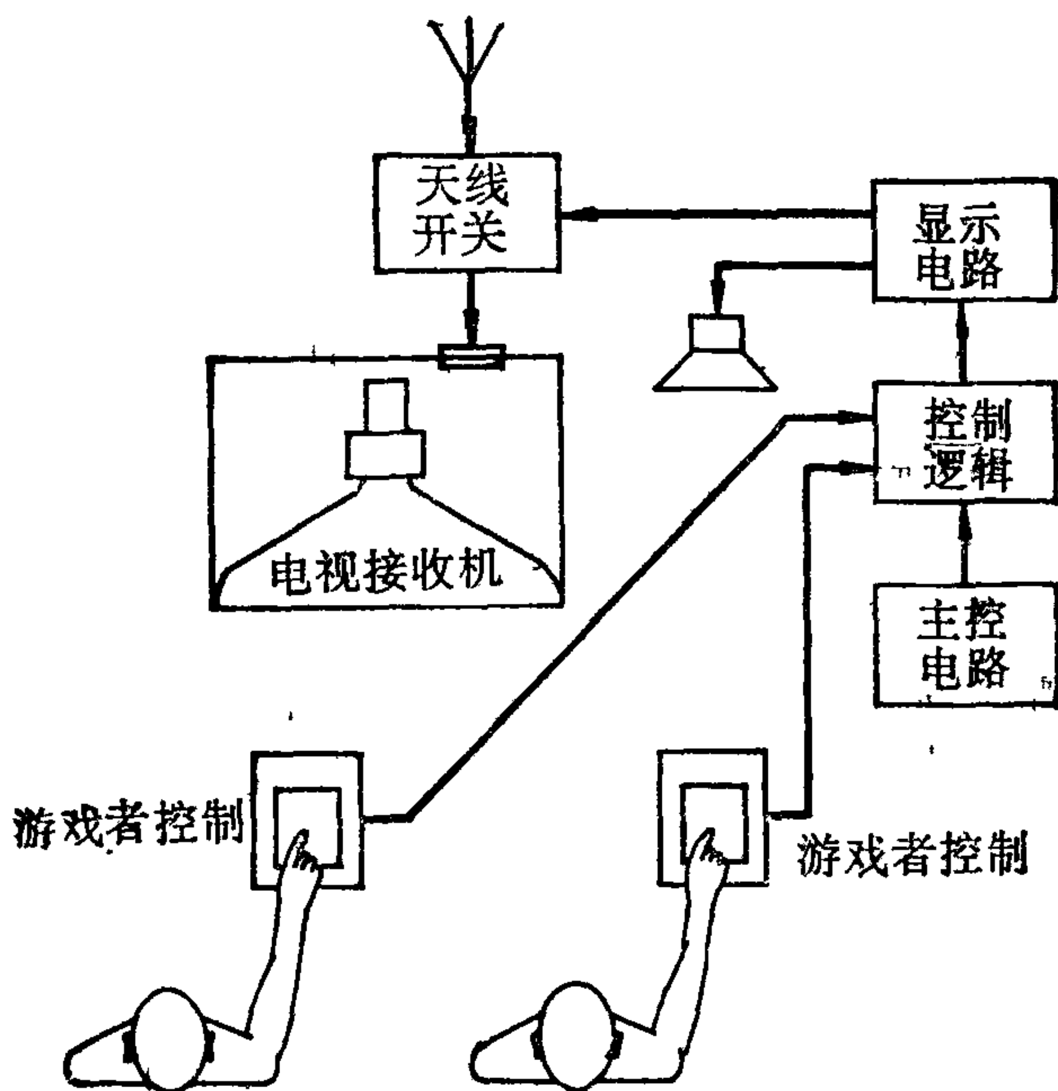


图 3-2　家用电视游戏机框图

以设定球的速度、球拍或球棒的尺寸、球的抛射路线以及游戏是按初级、中等或较高水平进行等。控制逻辑可以是一块专用的集成电路，也可以是一个带有存储器的微电脑。无论对于哪种游戏机，控制逻辑部分的输出均被送至显示电路，在此转变为电视信号。这些电视信号对一个射频载波进行调制并送到电视机的天线开关。当然，观众也仍可用此天线开关选择电视广播节目。在该开关转换到游戏部位时，来自游戏机的电视信号通过一个不使用的电视频道输入电视机进行显示。在这种电路中，电视机是仅作为显示器使用的。

与家用电视游戏机相比，投币式商用游戏机的显示电路驱动一个独立的显示器，而且没有射频输出和天线开关，电源开关是由投币装置进行控制的。

3.3　电子游戏机的控制部件

如图3-2所示，各种电子游戏机都有两种控制部件。主控制部件一般是一组触发式或旋转式的手动开关，用于选择游戏方式及主要功能。游戏者控制部件可以包括简单的按钮开关或整个键盘以至于电位器、操纵杆及组合电位器等。这些开关是以某种独特的方式排列的。早期的电子游戏机使用简单的电位器来控制球拍、球棒的垂直位置。而在一些复杂的游戏机中都使用了两个电位器，有时安装在同一轴上，用来控制水平和垂直两个方向的运动。

后来，游戏机上又增加了操纵杆，这就增加了复杂程度。这种结构主要包括两个互成直角的电位器，由一个可在两维空间即平面上活动的机械触杆进行控制。当操纵杆前后运动时可以触动一个电位器，而当操纵杆左右运动时可以触动另一个电位器。当操纵杆沿对角线运动时，可以同时触动两个电位器。在有些游戏机的控制台上，同时设有操纵杆和控制按钮，操纵杆控制着被控目标的运动，而按钮可以发射炮弹和选择游戏方式，这就更增加了手动技巧。但是由于机械部件的磨损，必然增加了潜在的故障。

一般来说，最可靠的控制部件是按钮键盘。在美国无线电公司的“演播室”Ⅱ型游戏机中，键盘可用于所有的控制功能，甚至可用于改变球拍或球棒的位置以及用于移动飞弹

和图形等。只要这些标有箭头的键子被按下就可以控制相应方向的运动。

对于那些不是采用微处理机作为控制部件的游戏机来说，使用电位器进行控制是比较理想的。但是，对于微处理机控制的游戏机，由于它所产生的信息是数字形式，所以使用按钮控制比较经济一些。若使用电位器控制微处理机时，则必须将电位器的模拟电压转换成数字量才能送入微处理机系统。

3.4 电子游戏机的显示器

很多电子游戏机使用显象管作为显示器，这里包括家用电视游戏机和所有的投币式游戏机。一些弹球游戏机使用常规的多色闪光灯和白炽灯作显示器。所有由玩具行业提供的板式游戏机都使用了人们所熟悉的7段数字显示器。这些数字显示器是利用发光二极管、气体放电管或液晶来实现的。用途较广的发光二极管具有电压低、电流较大、清晰度较高以及价格比较低等特点。气体放电管显示器要求电压较高，一般在100V以上，但电流较小，其清晰度和发光二极管相似，而价格更便宜。液晶显示器依靠反射光来显示数字。液晶显示器在电流非常低时要求中等程度的电压，但价格要比前两种略高。

发光二极管显示器广泛用于那些不使用显象管的电子游戏机中。图3-3示出了一个典型的发光二极管驱动器电路。应该注意的是，每个显示段都有一只引自译码器或驱动器电路的电阻。所要求的数字以二-十进制（BCD）形式送入驱动

器，自动地显示出正确的数字段。可驱动4～6个7段发光二极管数字的集成电路使用的最广。在单片微机集成电路中，派克布劳斯游戏机的驱动电路可以驱动6个发光数字和4个发光点。在有些游戏机中，送至发光二极管的电流被快速地接通和切断，这样可以省电。由于这种开关转换得非常快，所以数码仍然显示得很稳定。

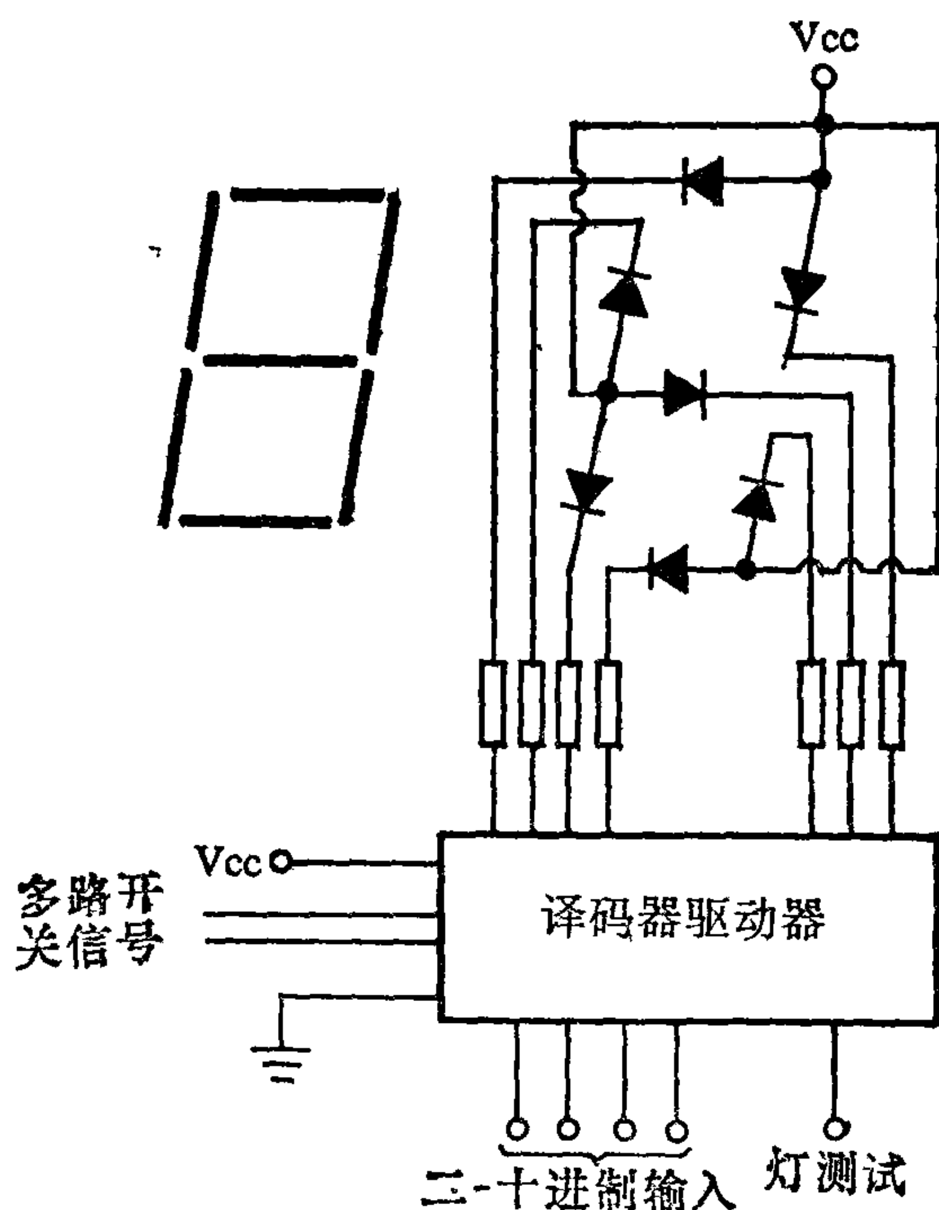


图 3-3 典型的发光二极管驱动电路

3.5 应该注意的几个问题

如同许多其它新产品一样，电子游戏机也面临着许多问题。这些问题主要表现在销售、价格以及产品的宣传等方面。此外，也存在3个技术问题，尽管已经找到了解决这些问题的方案，但是，目前这些问题的存在仍不容忽视。

第一个问题是显象管的特性问题。当一个固定的图形高亮度、高对比度而且长时间地显示时，屏幕上高亮区的荧光粉消耗要比黑暗区严重得多。这样，在显示其它图象时，就会出现原来图形的阴影。由于在电视接收机中，图象是不断变化的，所以并不会出现这种情况。在一些早期的投币式游戏机中，由于特定的游戏图形要固定不变地在屏幕上长期保留，所以就出现了这种情况。目前，在所有新式投币游戏机中，当机器空闲时连续不断地变化着显示图形，于是使这一问题得到解决。在家用电视游戏机中，固定图形长时间显示造成荧光粉消耗过快的问题可以按几种方法进行解决。游戏机的使用说明书建议用户在机器不使用时应该关机。有些游戏机可以使图形自动地进行变换。而且在所有游戏机中射频载波的调制电平一般调节到50%以下，以减小显象管亮区和暗区之间的对比度。

第二个问题是对于每一台用调制射频振荡器耦合到电视机的电视游戏机必须进行出厂检验，即要在一间有完善仪器的测试实验室内进行射频检测。之所以要这样做，是因为电视游戏机在工作时可能会对附近的电视接收机产生干扰。这种干扰可能是由射频振荡器或电视机的连接电缆产生的。最

坏的情况是从电视机的天线向外辐射射频信号。

第三个问题是有关安全性和有关交流电源线的问题。许多电视接收机不使用隔离变压器，而底板又与电源线相连。如果游戏机的底板也与电源线路相连，并且电视机和游戏机的两个交流电压插头使二者底板之间产生电压差，那么就会发生触电事故。目前市场上的所有电视游戏机或者使用电池，或者使用隔离变压器。此外，所有使用交流电的游戏机，其外部表面已与电源线进行了良好的绝缘。当你检修一部电视游戏机时，仍然还要检查底板是否与电源线相连。

第 二 篇

第四章 电脑电视游戏机的总体电路和结构

这一章介绍电脑电视游戏机的总体电路和机械结构。有关各部分电路的基本原理和设计在后面的有关章节中还要介绍，本章的重点仅对电路和机械特点作一概述。

4.1 电脑电视游戏机的总体电路

游戏机也应能产生两种信号，即图象信号和伴音信号，这一点与电视机相似。然而，所不同的是，电视机是将接收到的节目信号进行一系列的处理才能显示出图象和伴音。而电脑电视游戏机的图象和伴音是事先存放在游戏机存储器内的，由游戏机直接产生图象和音频信号。另一个本质差别是，电脑游戏机根据游戏者所输入的动作能作出相应的反应，即具有智能的应变能力。这主要是微电脑在作出相应对策。一般来说，游戏者要战胜游戏机的微电脑是很不容易的。而电视机只能再现电视节目，并无丝毫的应变能力。

根据电脑电视游戏机的上述特点，便形成了以微电脑为核心的结构，如图4-1所示。电脑电视游戏机相当于一个特殊的微型电脑系统。它既有主机，又有外部设备。其主机电脑板相当于电脑部分。操纵台相当于电脑的输入设备，彩色

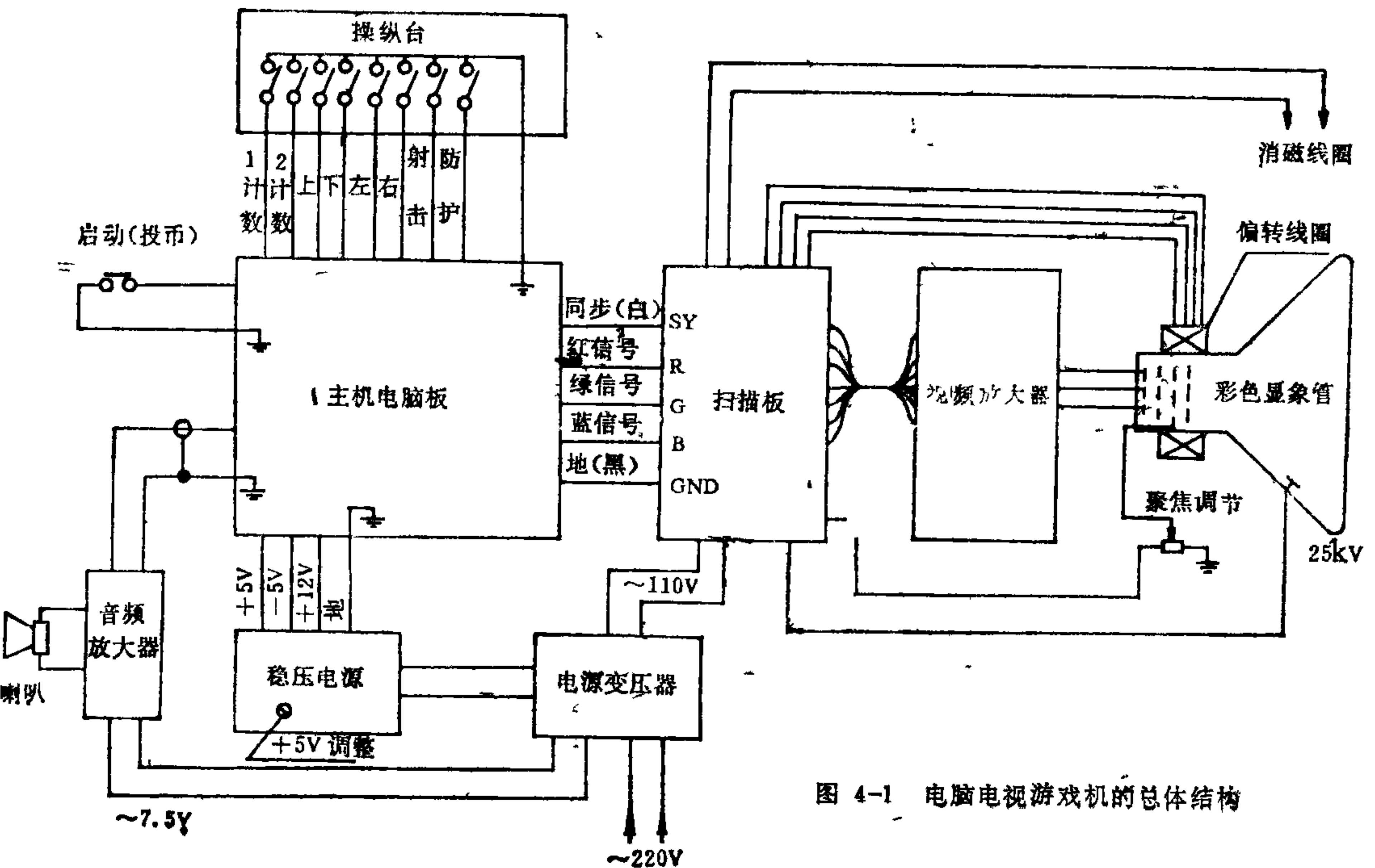


图 4-1　电脑电视游戏机的总体结构

显象管相当于输出设备。

4.1.1 主机电脑板

电脑电视游戏机的主机电脑板由六部分组成，即微处理机、图象发生器、音响信号发生器、时钟发生电路、计数器以及输入输出接口。其核心是微处理机部分，它与常见的单板机很相近，但比后者还要复杂一些。其中央处理单元(CPU)常见的有8080、8085、Z80、6802及6809等。电脑电视游戏机的存储容量比较大，一般需要使用16k只读存储器(ROM)达10只以上。有的游戏机则达320k，甚至640k。随机存取存储器（RAM）一般使用静态NMOS器件，也有使用动态RAM的。接口电路有8080系列的8255、8212、6800系列的6821等专用接口芯片。也有的使用了三态缓冲器。

彩色电视信号发生单元是电脑游戏机主机板中最复杂且价格最高的部分。这部分包括图象存储器（ROM）、数/模转换器以及各种程序控制电路。此单元输出的是红、绿、蓝（*R*、*G*、*B*）三基色信号，无需解调而直送显象管的视放级，因此图象是十分清晰稳定的。

伴音发生单元包括伴音控制器、伴音发生器、放大器以及扬声器等。一般常见的伴音发生技术有两种类型。一种为合成法，即按微电脑的指令将来自时基电路的各种频率成分进行组合、改造，经变换和低放后输出。另一种是单独使用一套微电脑系统来产生伴音。伴音微电脑接受主电脑的控制，将存储在伴音单元ROM中的伴音信号取出，经数/模转换和低放后送至扬声器产生伴音。采用这种方案的音响，成分丰富、效果逼真，当然造价也很高，甚至有时单独需要一块

基板。市场上的座仓式赛车游戏机多采用这种伴音技术。

主机电脑板的最后一部分为时基电路，即晶振和分频部分。时基电路系由晶体振荡器和各种分频电路组成。它可以产生包括高至几兆赫（CPU的时钟脉冲），低至50Hz（场同步信号）的频谱宽广、相位各异的繁多时基信号。它除了为主机板以外的各部分提供时基信号以外，也可以产生复合的同步信号送至扫描板的同步电路。

4.1.2 扫描板、视放和伴音电路

如图4-1所示，电脑电视游戏机的视频部分包括扫描板、视频放大器和彩色显象管。这一部分是主机电脑板的输出装置。光栅的行、场扫描接受主机电脑板的复合同步信号的控制。图象信号分别由*R*、*G*、*B*三路视频放大器放大后控制*R*、*G*、*B*三色电子束的强度，从而在显象管上合成出彩色图象。这一部分的工作原理和电路大体上与彩色电视机的扫描和视放部分相似。

下面我们介绍一种国产典型电脑电视游戏机的扫描和视放电路，如图4-2（此表请见正文最后插页）所示。

图4-2的左端是电源部分。电源部分的输入是120V、50Hz的交流电压，它来自游戏机变压器的一个引出端，经二极管D_{101}至D_{104}的桥式整流以后，送至晶体管BG_{102}和电源调整管BG_{101}以及晶体管BG_{103}。晶体管BG_{104}和二极管ZD_{101}主要起稳压作用。该部分电路的输出为+120V的直流电压。这部分晶体管的各极电压如表4-1所示。

这部分电源电路仅为扫描、视放部分提供电压，而游戏机所需要的其它各类电压由专门电源电路提供。

显象管相当于输出设备。

4.1.1 主机电脑板

电脑电视游戏机的主机电脑板由六部分组成，即微处理机、图象发生器、音响信号发生器、时钟发生电路、计数器以及输入输出接口。其核心是微处理机部分，它与常见的单板机很相近，但比后者还要复杂一些。其中央处理单元(CPU)常见的有8080、8085、Z80、6802及6809等。电脑电视游戏机的存储容量比较大，一般需要使用16k只读存储器(ROM)达10只以上。有的游戏机则达320k，甚至640k。随机存取存储器（RAM）一般使用静态NMOS器件，也有使用动态RAM的。接口电路有8080系列的8255、8212、6800系列的6821等专用接口芯片。也有的使用了三态缓冲器。

彩色电视信号发生单元是电脑游戏机主机板中最复杂且价格最高的部分。这部分包括图象存储器（ROM）、数/模转换器以及各种程序控制电路。此单元输出的是红、绿、蓝（*R*、*G*、*B*）三基色信号，无需解调而直送显象管的视放级，因此图象是十分清晰稳定的。

伴音发生单元包括伴音控制器、伴音发生器、放大器以及扬声器等。一般常见的伴音发生技术有两种类型。一种为合成法，即按微电脑的指令将来自时基电路的各种频率成分进行组合、改造，经变换和低放后输出。另一种是单独使用一套微电脑系统来产生伴音。伴音微电脑接受主电脑的控制，将存储在伴音单元ROM中的伴音信号取出，经数/模转换和低放后送至扬声器产生伴音。采用这种方案的音响，成分丰富、效果逼真，当然造价也很高，甚至有时单独需要一块

80V。

BG_{403}、行输出变压器及有关元件组成行输出级。这一级电路的作用是力求在耗电最小的情况下产生足够大的电流，以使行扫描达到一定的偏转角。另外，还需要通过行输出变压器产生显象管所需要的各种电压。一般包括显象管第二阳极所需要的高压、加速极和聚焦所需要的中压以及灯丝所需要的低压。这里，BG_{403}的发射极电压为0 V，基极电压为负0.5V，集电极电压为正120V。

图4-2中行扫描电路的上面，是由BG_{301}、BG_{302}及BG_{304}等元器件组成的场扫描电路。它的作用是对场扫描线圈提供足够的锯齿波电流，从而在显象管中形成垂直偏转磁场。

BG_{301}及有关阻容元件构成场振荡级。这里没有使用振荡变压器，而是用正回授的形式完成锯齿波输出的。BG_{301}的发射极电压为正19V，基极电压为正15V，集电极电压为正22V。电位器R_{303}为场同步电位器，R_{308}为场幅调节电位器，R_{311}为场线性调节电位器。

BG_{302}为场推动级。它的作用是将锯齿波信号进行放大，进而推动场输出级。BG_{302}的发射极电压为正17V，基极电压为正16.3V，集电极电压为正0.9V。

BG_{303}～BG_{305}构成场输出级。这是一种准互补推挽电流回授放大器。BG_{303}的发射极电压为正0.2V，基极电压为正0.9V，集电极电压为正48V。BG_{304}的发射极电压为正48V，基极电压为正48.7V，集电极电压为正100V。BG_{305}的发射极电压为48.2V，基极电压为正48V，集电极电压为0V。

BG_{801}～BG_{803}构成视频放大电路。它的作用是，将来自电脑板彩色接口的*R*、*G*、*B*视频信号进行放大，以达到显象管满幅调制所需要的幅度。这3只晶体管各自放大不同的彩色信号。BG_{801}放大红色信号，BG_{802}放大绿色信号，BG_{803}放大蓝色信号，最后在显象管中组合出各种颜色的图象。在有信号输入时，BG_{801}～BG_{803}的发射极电压为正7.6V，基极电压为正7.5V，集电极电压为正160V。显象管的各极电压如表4-2所示。

表 4-2 显象管的各极电压（V）

灯　　丝	～6.3	引脚号6、7
*R*阴极	＋150	8
*G*阴极	＋150	12
*B*阴极	＋150	3
第一栅级	0	9
第二栅级	＋460～820	10
第三栅级	4700～5500	1
阳极	25000	阳极帽

BG_{501}为消隐电路，它的发射极电压为正7.6V，基极电压为正7.4V，集电极电压为正1.4V。

这种电脑电视游戏机的音频放大电路如图4-3所示。从交流稳压源送来的7.5V电压由桥式整流器6ZL1整流为直流电压，作为音频放大器FZ8（CA4112）的电源。该电路将来自电脑板音响发生器的音响信号进行放大，然后送至扬声器产生伴音。

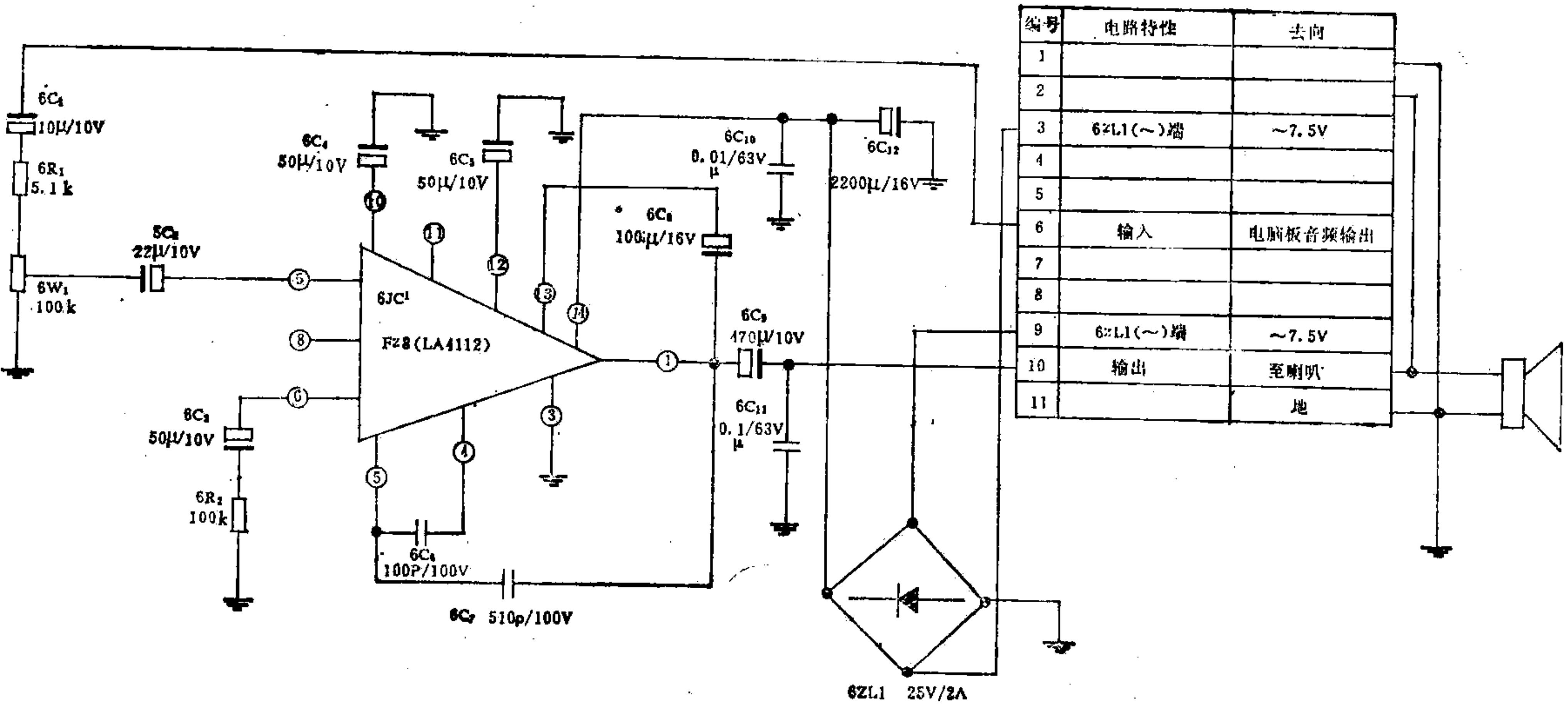


图 4-3 电脑电视游戏机的音频放大电路

4.2 电脑电视游戏机的总体结构

4.2.1 柜式电脑电视游戏机的外部结构

我国的电子游乐场多使用立柜式电脑电视游戏机。这种游戏机的优点是占地面积小，一般为0.6（宽）×0.74(深)平方米。另外，由于它采用了大屏幕的22英寸或20英寸彩色显象管，所以可供更多的人围观助兴。这种立柜式游戏机的缺点是，游戏者只能站着玩，时间长了易感到疲劳。目前，国外的电子游乐场多采用桌式电视游戏机。这种游戏机形如茶几，游戏者可以坐在凳子上操作，时间再长也不会感到累。当然，这种游戏机的显示屏幕为14英寸，所以不能供很多人围观，而且占地面积也比较大。

图4-4示出了柜式电脑电视游戏机的外部结构：②为游戏机的外壳，⑰为顶部装饰灯的托架，⑱为装饰灯外面的饰板，⑤为显象管的骨架，㉑为控制面板，⑭为机柜的脚轮，⑬为六角螺栓，⑪为机柜高度调节器，⑫为调节器的螺栓，⑬为六角螺栓。

4.2.2 柜式游戏机的暗锁机构

柜式电脑电视游戏机实际上是供游戏场专用的商用投币式游戏机。其硬币的投放和储存是无人管理的。这样，在游戏机的某些部位，如投币器、储币盒及游戏机的后盖板就必须安装暗锁。这种暗锁多采用筒形暗锁，见图4-4中⑲和㉒所

图 4-4　柜式电脑电视游戏机的外部结构

示。

③为游戏机的前门，⑥为投币器门的骨架，⑦为投币器的门，⑨为门的合页，⑲为筒形暗锁，⑩为硬币储盒，⑧为

储币盒的门，㉒也是筒形暗锁，④为游戏机的后盖板，⑳为后盖板暗锁的挡片，⑯为暗锁的托架。

4.2.3 显象管的安装

商用电脑电视游戏机多使用大屏幕彩色显象管，其安装方法如图4-5所示。

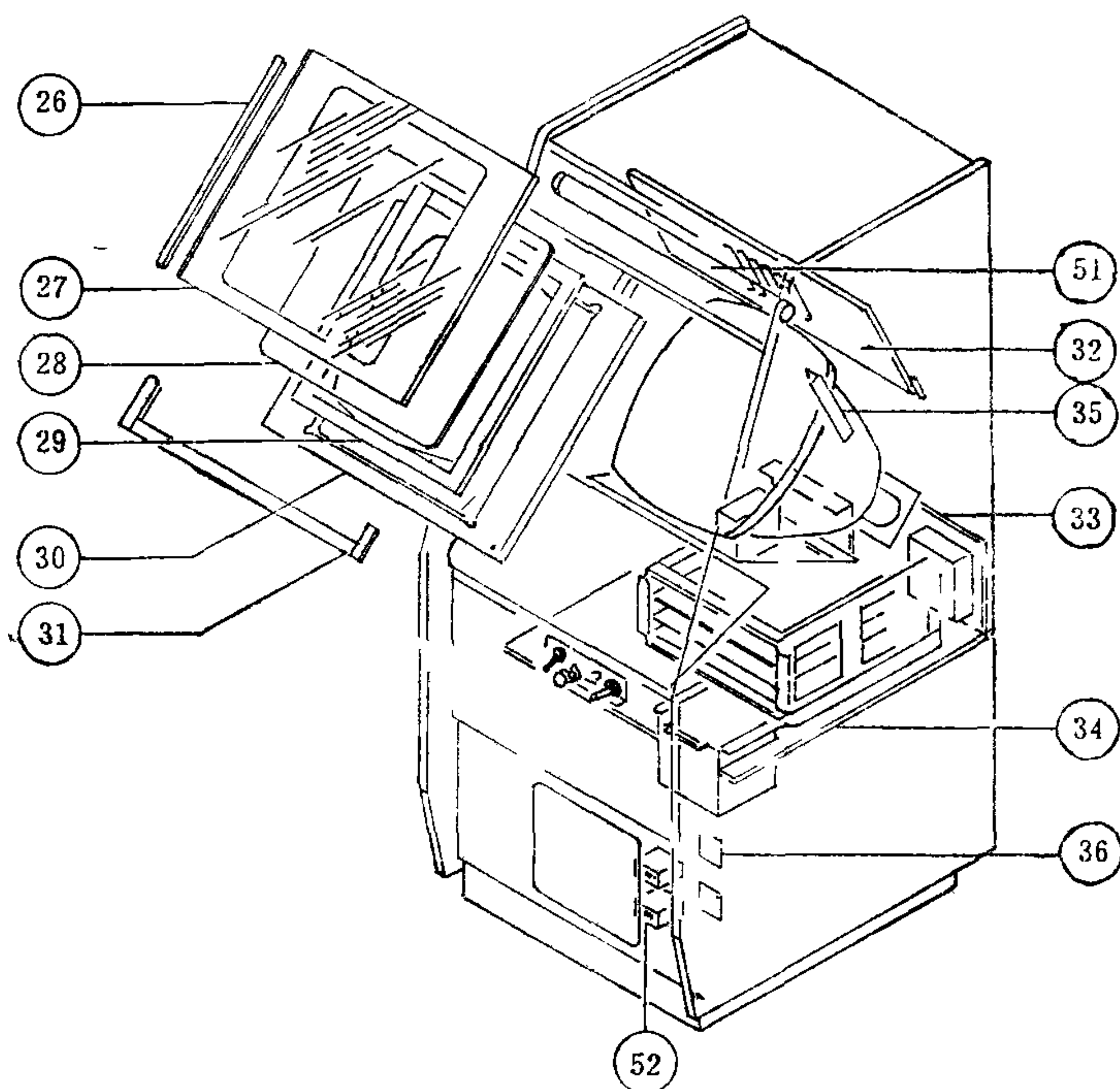


图 4-5 显象管的安装

㉖为塑料防尘槽，㉗为透明防护挡板，主要起保护显象管的作用，㉘为滤色片，它可以使显象管的图象更加柔和，㉙为显象管的盾形饰框，㉚为饰框托架，㉛为海棉条，主要

起闭封和防震作用，⑤1为荧光灯，可以为显象管的图象提供修饰光，32为扬声器托板，游戏机的扬声器装在该托板上，35为托板的安装条，33为散热风扇安装板，34为电源板骨架，36为硬币计数器托架，52为硬币计数器。

4.2.4 投币器的结构

商用电脑电视游戏机是通过投入所要求的硬币自动启动游戏节目的。这就为游戏机的自动管理提供了必要的条件。投币器的结构如图4-6所示。

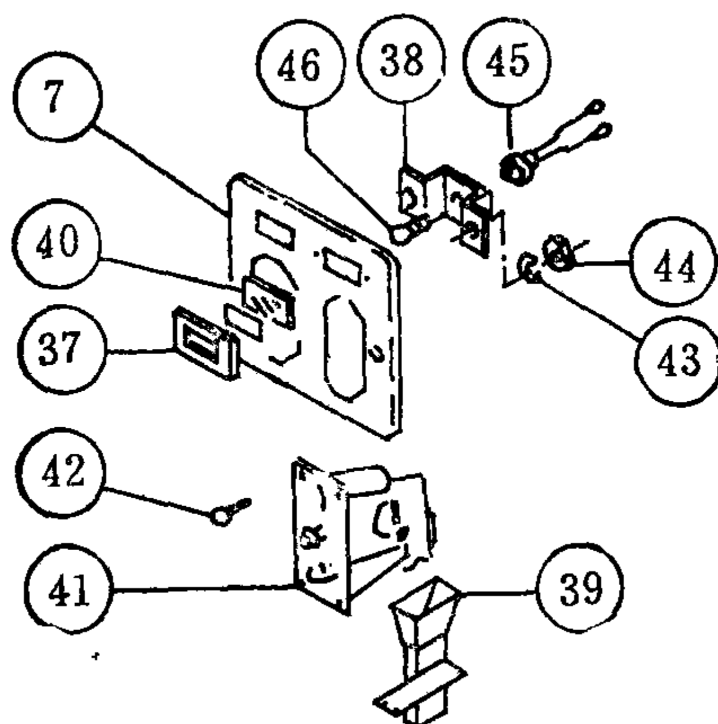


图 4-6 投币器

⑦为投币器的门，37为指示灯面板。一般为红色塑料片，上面写有一次游戏应投入硬币的面值。40为投币器面板，46为指示灯，38为指示灯托架，43为平垫片，44为六角螺母，45为指示灯灯座，41为硬币选择器，42为沉头螺钉，39为硬币滑槽。

硬币选择器可以根据所要求硬币（一般为一枚）的外形尺寸和重量来识别出伪币或其它代用品，并将其排出投币

器。当然，投币器也可以设计成供游戏场内流通使用的代用硬币。

4.2.5 散热风扇

游戏机内含有许多电源变压器、电容器、晶体管等散热部件，使机内温度升高影响机内各种电子元器件的工作性能。为了降低机器内的温度，就必须安装散热风扇。图4-7示出了散热风扇的结构。

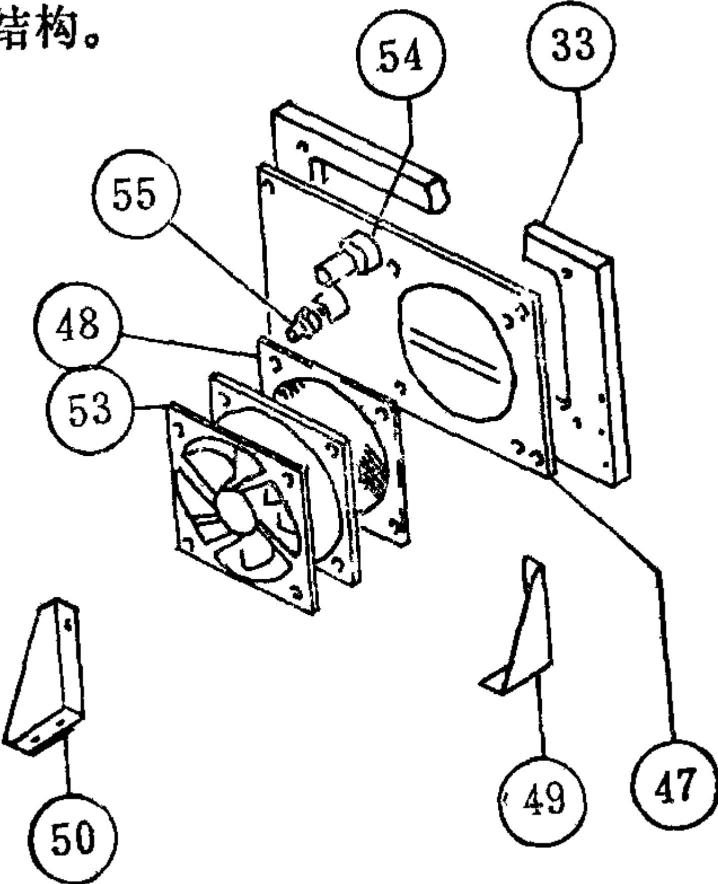


图 4-7 散热风扇

㊾和㊿为风扇的支架，㉝为风扇安装板，㊼为风扇托架，54为风扇电源保险丝支架，55为接地端子，㊽为风扇面板，53为风扇叶片。

4.2.6 盒式磁带机构

传统的电脑电视游戏机的程序一般存放在存储板上的只

读存储器电路内。电视游戏节目包括图象和伴音两个部分。图象又包括背景画面和动作图形。这样，所形成的程序就比较长，因而对存储器的容量要求比较大。一般的游戏节目大致需要10只以上的16k ROM。较复杂的游戏节目则需要更多数量的ROM。一般需要使用专用的存储器电路板，其价格较昂贵，几乎为整机价格的一半。这种存储板式游戏机不但更换节目费用高，而且更换节目也极为不方便。

国外近期出现的盒式磁带式电脑电视游戏机，其游戏节目存放在盒式磁带上。大家知道，磁带是大容量存储器，一盒磁带可以存放很多游戏节目。这就显著降低了ROM的成本。另外，要换游戏节目也非常方便。图4-8示出了这种游戏机的盒式磁带机构。

㉑为盒式磁带托架，㉒和㉓为磁带托架的左右两个支承，㉔为磁带支架的支脚，㉕为橡皮垫片，㉖为螺丝钉，一般为M2.6×12，共需要4只，㉗为面板，㉘为游戏节目程序磁带及磁带接口。

4.2.7 电脑电视游戏机的控制台和操纵手柄

游戏者在按要求投入硬币以后，需要按动控制台上的游戏方式选择按钮来选择单人玩还是双人玩方式。在游戏过程中，游戏者需要不断地控制操纵手柄来控制画面中的被控对象。从游戏机电脑的角度来看，控制台是电脑的输入设备，游戏者的方式选择和动作要求都是通过控制台送入的。典型柜式电脑电视游戏机的控制台面板如图4-9所示。

㉞为游戏选择按钮，㉟为射击按钮，㉛为控制面板，㉚为控制台，一般用铁板制成，㊱为控制手柄，㉜为控制面板

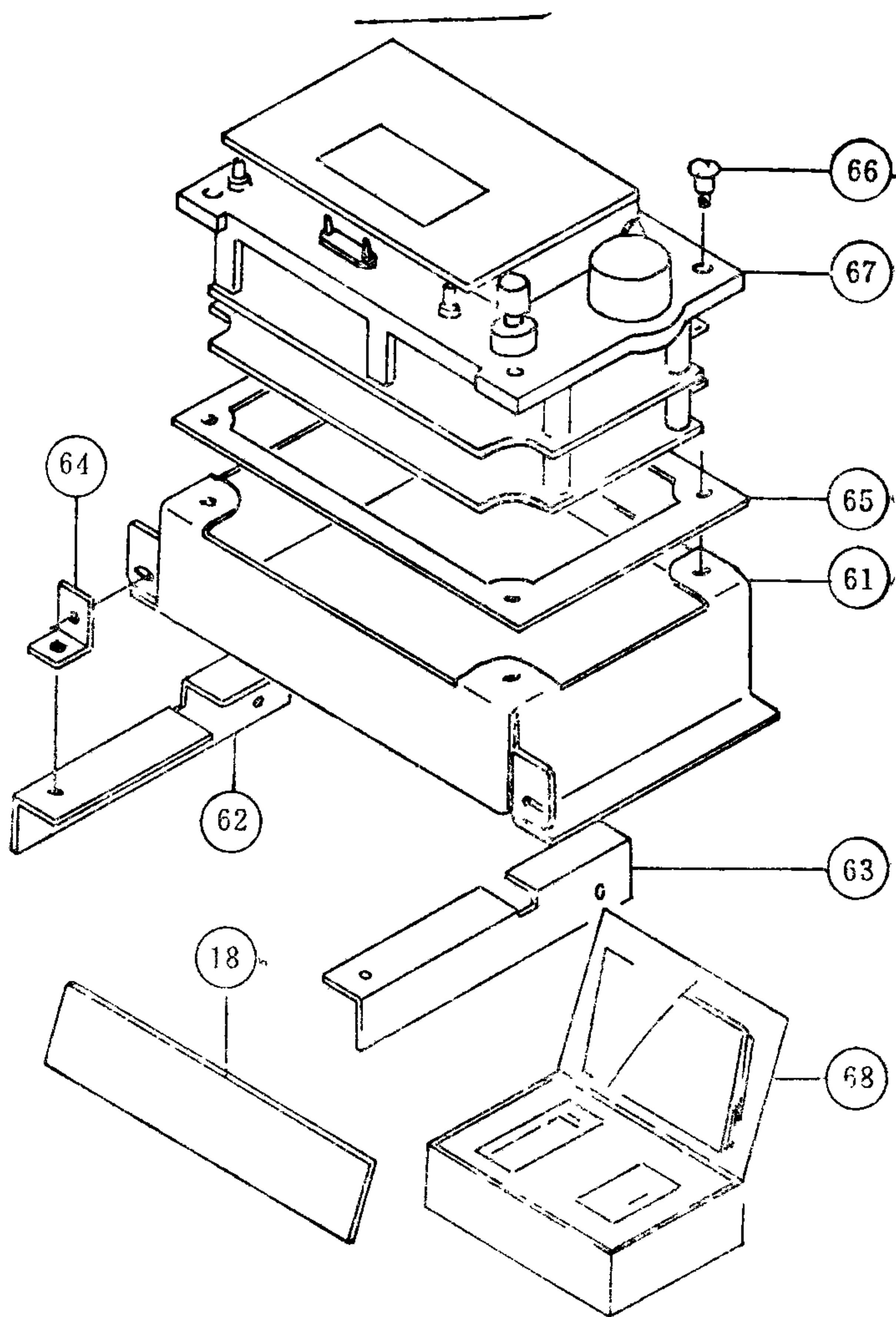


图 4-8　盒式磁带机构

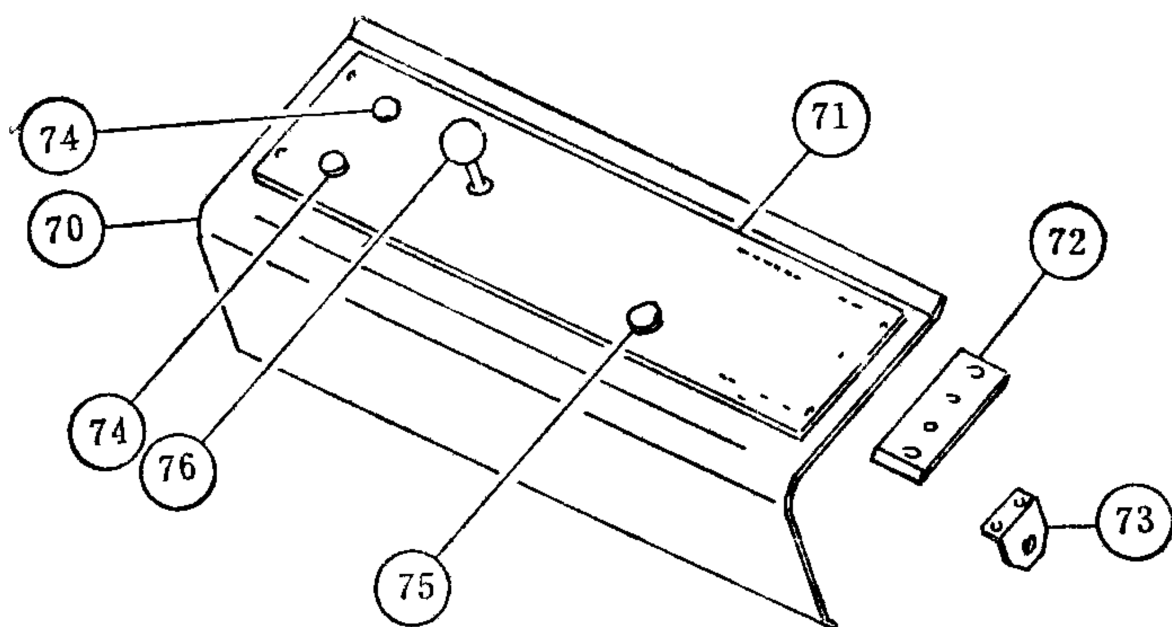


图 4-9 控制台面板

托架，⑬为托架的支脚。图4-10示出了控制手柄的详细结

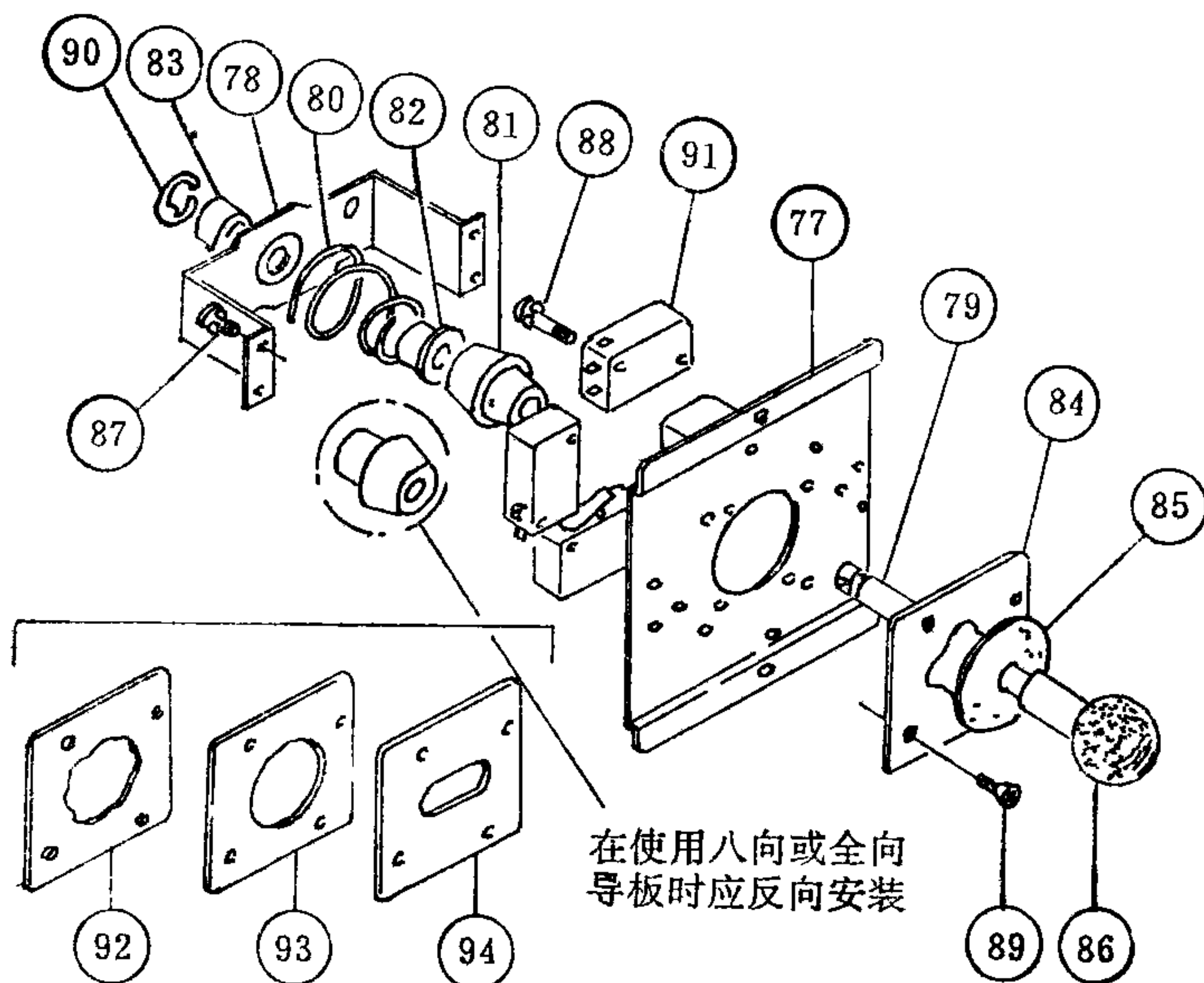


图 4-10 控制手柄和手柄导板

构，图左下角示出了3种手柄导板，供用户选用。

㊏为控制手柄的握把，其外部直径为35mm，一般采用电木或塑料压制而成。㊎为橡皮垫片，可以防止灰尘落入。㊍为标准四向手柄导板。㊑为沉头螺钉。⑲为控制手柄的主轴，⑰为微动开关的托板，它上面有许多孔，供安装微动开关使用，⑨①为微动开关，因为使用了四向手柄导板，所以共用了4个微动开关。㊇为柱头螺钉，上面穿有一个垫圈，㊁为微动开关的轴套。手柄向哪个方向运动就会带动轴套压动哪个方向的微动开关，使该开关接通或切断。应该注意的是，若安装了八方向手柄导板即⑨②，或全方向手柄导板即⑨③时，则轴套应颠倒过来安装。㊂为端头轴套。㊀为弹簧，它可以对控制手柄，起缓冲和复位的作用。⑱为手柄托架，控制手柄需要通过它才能安装到控制台上。㊐为柱头螺钉，上面穿有一个垫圈，㊃为套筒，⑨⓪为挡圈，主要起端部的固定作用。⑨②为B型导板，可以使控制手柄产生八个方向的动作。⑨③为C型导板，也称为全方向导板，可以使控制手柄产生各方向的动作。⑨④为D型导板，也称为双向导板。使用这种导板，控制手柄只能产生左右两个方向的运动。

4.2.8 印刷电路板托架和电源部分

图4-11示出了各印刷电路板的安装部位。⑩①为电路板的托架挡板，⑩②为托架的右侧板，⑩③为托架的左侧板，⑩④为印刷电路板的两个挡条，⑩⑤为左右两侧板的支承，⑩⑥为印刷电路板盒的支架，左右各一只，⑩⑦为翼形螺栓，共需要4只，⑩⑧为各印刷电路板的导槽，共有8只，⑩⑨、⑪⓪、⑪①均为印刷电路板，具体有扫描视放板、电脑板和存储板。⑪②为各印刷

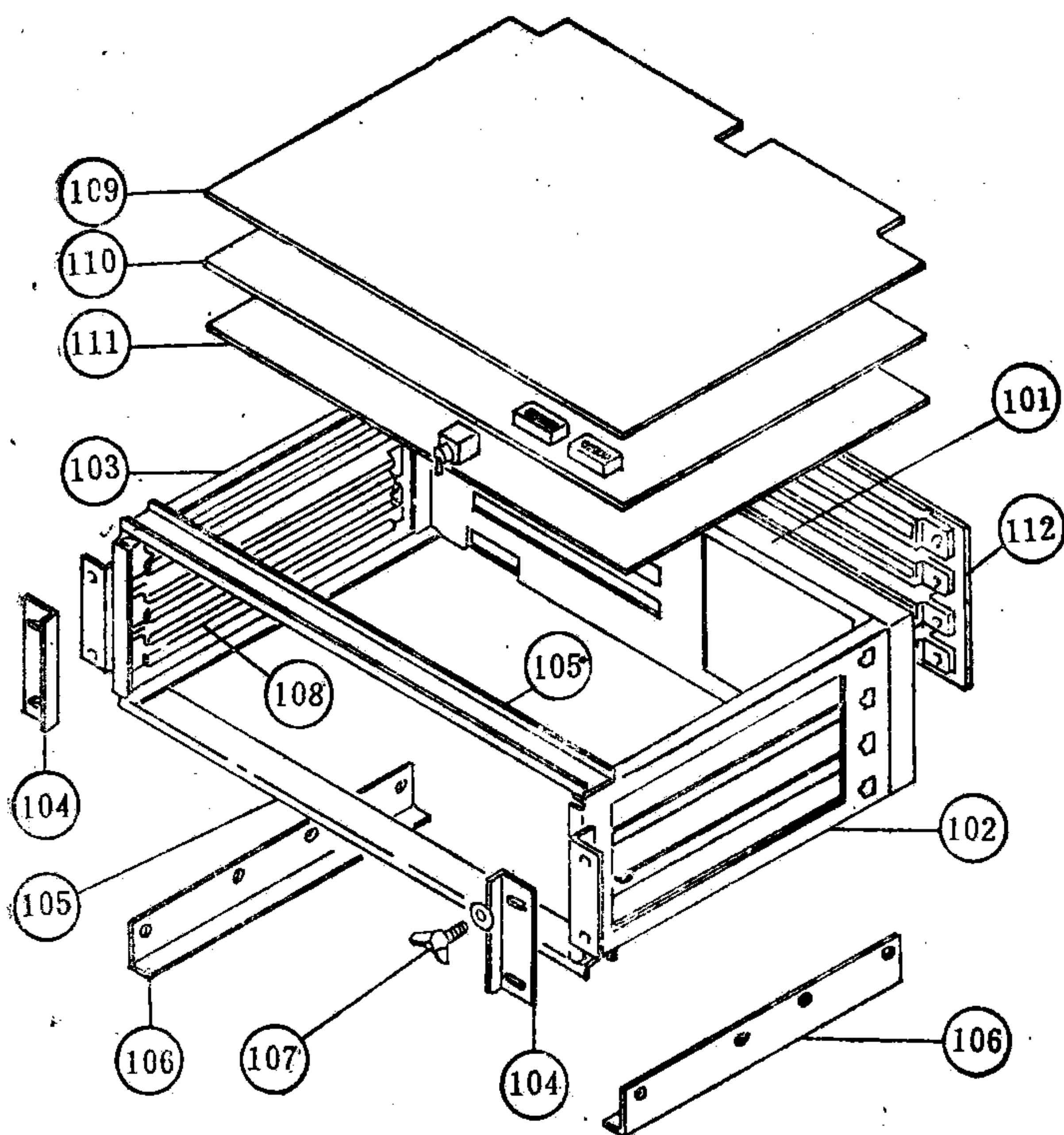


图 4-11 印刷电路板托架

电路板的连接母板。

各印刷电路板通过托架连接起来，形成了一个盒式结构，它是整个游戏机的核心。这些印刷电路板位于游戏机的右后部，安装、调试和维修时需要打开游戏机的后盖板。

图4-12为开关托架组件。它上面装有电源开关，去磁开关和音量开关等。开关组件一般安装到电源板上靠近游戏机

前门的某一位置，这样便于使用和维修人员调节和修理。

⑪⑦为开关托架，⑪⑧为电源开关，⑪⑨为去磁开关，⑫⓪为音量开关。

图4-13示出了电源板。它可以为游戏机的各用电部分供

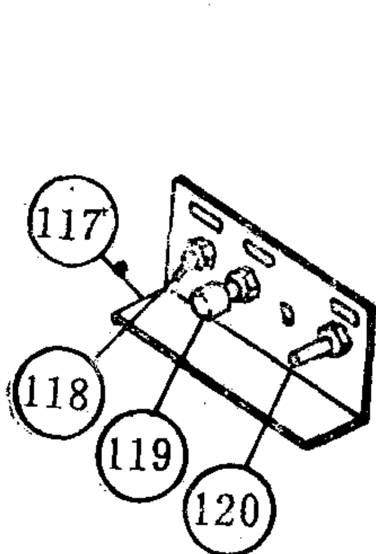


图 4-12 开关托架

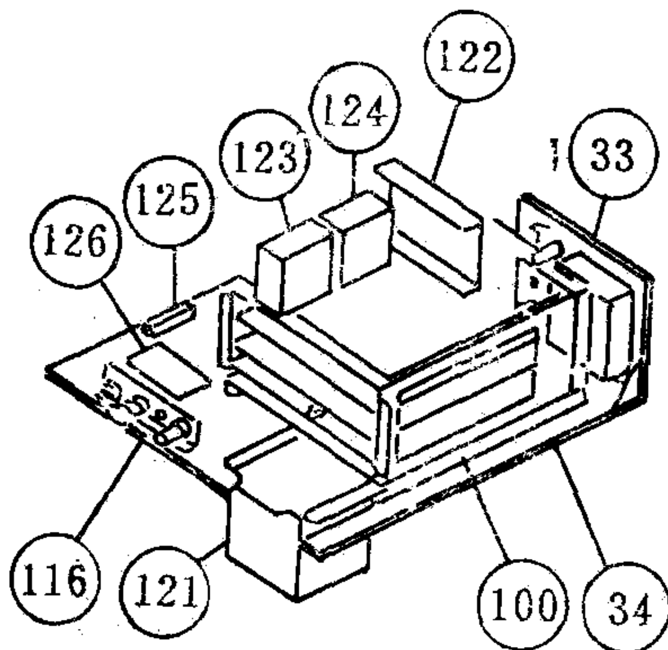


图 4-13 电源板

电。由于电源板上的变压器重量较大，所以一般都是安装在机柜内的底部，以增加整个游戏机的稳定性。㉝为风扇安装板，其作用是将变压器产生的热量向外排出。㉞为整个电源板托架。⑪⑥为开关托架，⑩⓪为印刷板托架，⑫①为盒式磁带及接口部分，⑫②为开关电源，⑫③和⑫④为电源变压器，⑫⑤为电源保险丝支架，⑫⑥为电源板。

第五章　电视游戏机的视频显示技术

本章介绍一些能适用于各类电视游戏机的视频显示技术。通常，商用投币式电视游戏机的视频信号是直接与显象管相连的。而家用常规逻辑的电视游戏机中，视频信号是通过一个不使用的电视频道与电视机相连。在介绍具体电路之前，首先研究一下电视游戏机视频显示电路的一些特殊要求。然后再详细介绍复杂的电脑电视游戏机的模拟和数字显示电路。另外，根据电脑电视游戏的具体要求，还要介绍彩色显示电路和特殊效果显示电路。除了以两种典型显示电路为例进行介绍以外，还要讨论如何对各种显示电路进行故障查寻。

5.1　电视游戏机框图

图5-1示出了以标准电视机作为显示器的电视游戏机的基本框图。对于各类电子游戏机来说，都离不开游戏逻辑、主控制、游戏者控制以及显示电路等几大部分。家用电视游戏机的视频信号是通过天线端子注入的。这种视频信号必须以一种与电视台发射的信号相同的形式出现在电视机上。这就是说，这种视频信号必须在一个射频载波上按同一调制标准进行调制。下面先介绍电视游戏机的射频发生器和调制器的

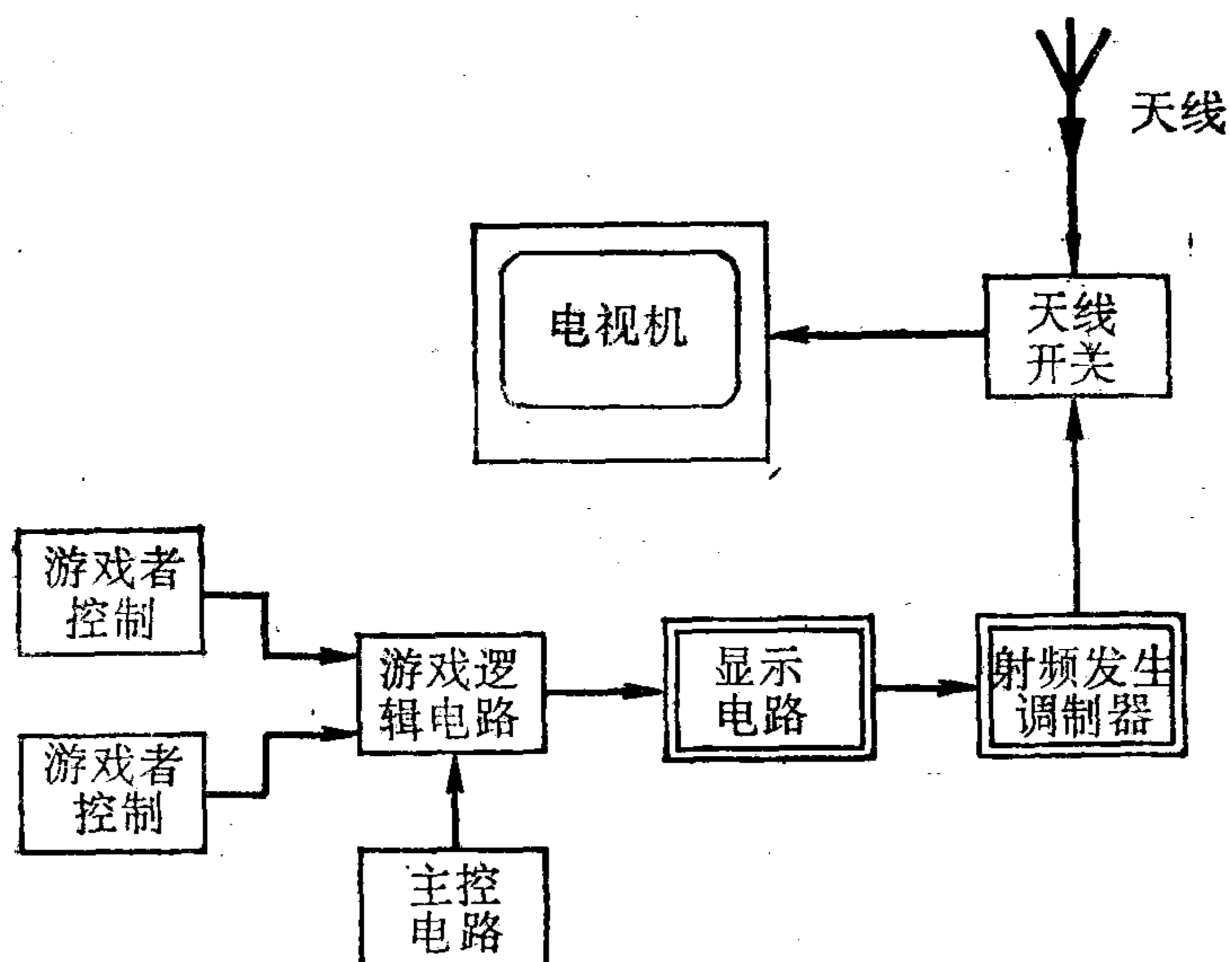


图 5-1　电视游戏机框图

典型电路。

调制的射频信号必须通过一个专用的天线开关加到电视机的天线端子上。当天线开关与电视机相连时，应尽可能切断来自电视游戏机的视频信号。当游戏机部分通过天线开关与电视机相连时，来自射频发生器和调制器的信号与电视机天线信号之间必须至少有60dB的隔离。这种隔离对于避免电视游戏机所产生的信号通过天线向外辐射是非常必要的。否则就会对其它电视机造成干扰。即使在电视接收机上施加1mV的信号，也可以向外辐射干扰信号，被邻近的电视机天线所拾取。正是由于这一原因，电视游戏机的射频发生器和调制器的射频信号与电视机天线之间的隔离不得小于

60dB，这一点已列入国际标准。

另一重要特性是，射频发生器和调制器必须有足够的输出幅度。若射频输出有几伏的幅度，即使天线开关有60dB的隔离也不能足以避免对外干扰。大多数电视游戏机生产厂家都将射频发生器和调制器的输出限制在500μV以内。

在介绍实际电路之前，我们先来看一看图5-2。该图示出了图5-1中标有“射频发生调制器”方框的主要功能。图5-2中的射频振荡器是一个简单的晶体管振荡器，它可以工

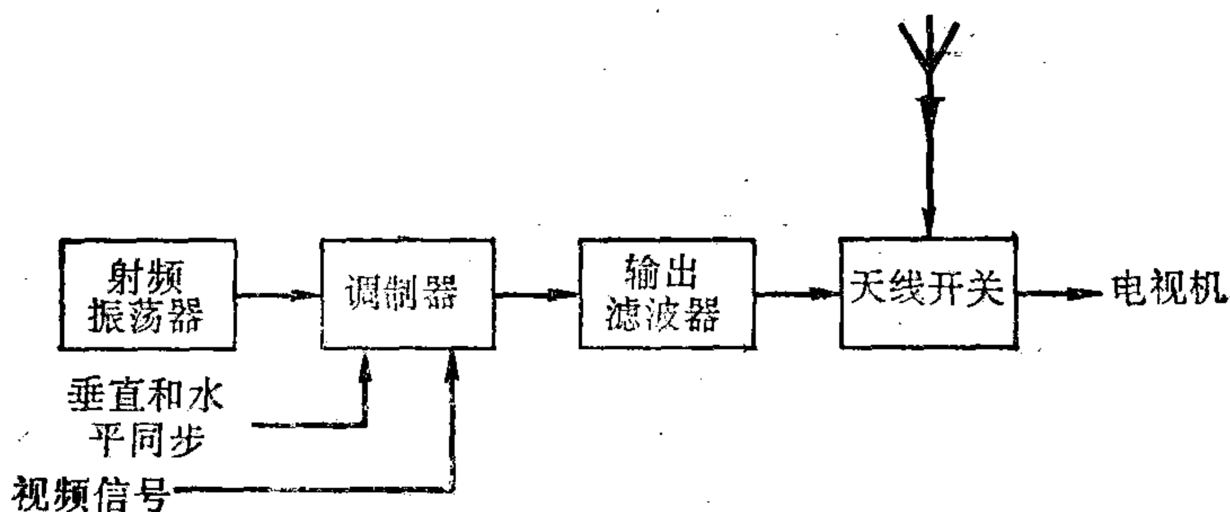


图 5-2　电视游戏机的射频接口

作在3频道或4频道，具体由用户根据自己的意愿通过开关进行选择。有些电视游戏机则提供在2频道和3频道之间进行选择。

来自振荡器的正弦波射频信号被送至调制器。在调制器内，垂直和水平同步信号与视频信号进行组合并对射频信号进行调幅。然后，调幅信号通过一个能限制输出的输出滤波器被送至所要求的电视频道。在大多数复杂的电视游戏机中，彩色副载波和音频载波也在调制器部分进行组合。

图5-3示出了射频振荡器、调制器及输出滤波器的典型电路。晶体管Q_1为3频道或4频道振荡器。对于4频道，

其谐振电路是由可调线圈L_1和连接在晶体管集电极与发射极之间的电容器C_1组成的。当开关S_1闭合时，电容器C_2和C_3通过C_1相连。这样就会降低振荡器的频率，使其接近于所要求的3频道频率。可调电容器C_3可对振荡器进行微调以适用于3频道。

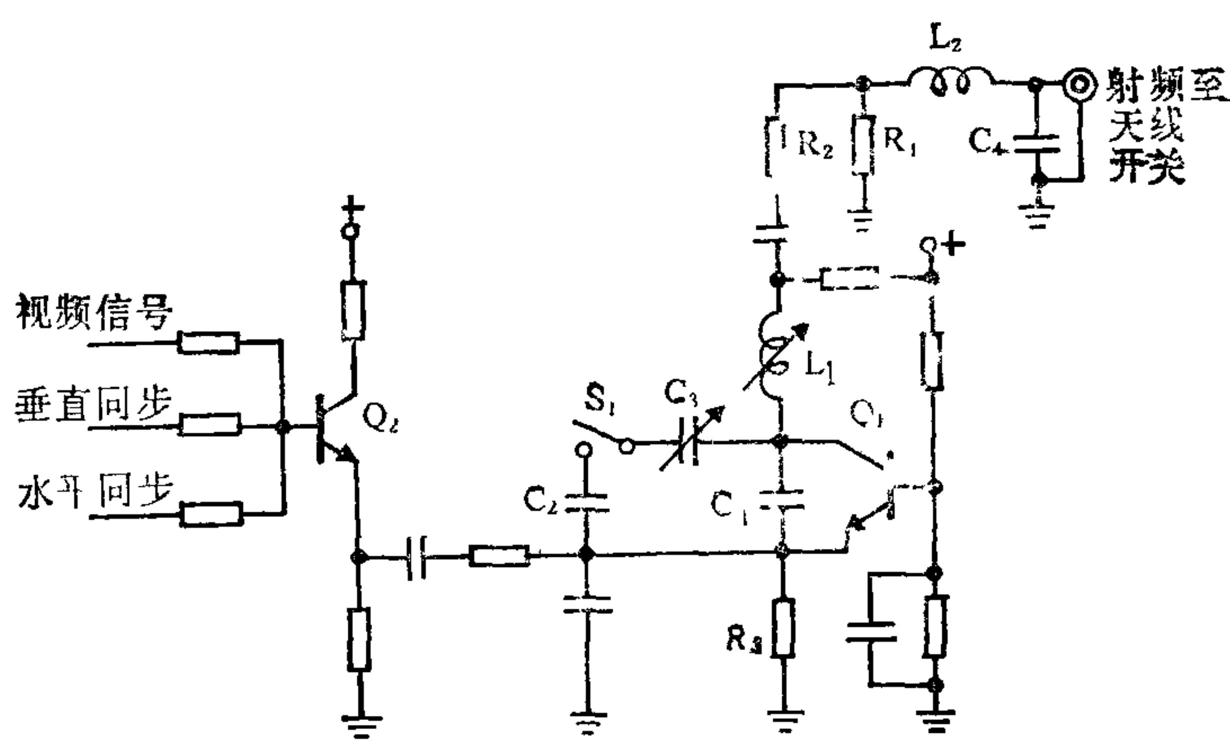


图 5-3 典型的射频接口电路

当一些电视游戏机使用二极管调制器时，图5-3所示电路可以在发射极电阻R_3的两端施加组合视频信号来直接调制射频振荡器的幅度。视频信号、垂直和水平同步信号以及消隐信号均可以从显示器部分的集成电路上获得。这些信号可以在晶体管Q_2的基极上进行组合。Q_2的作用相当于一个射极跟随器，驱动射频振荡器Q_1的发射极。输出滤波器由L_2和C_4组成。实际上，它是一个低通滤波器，可以滤去振荡器的高次谐波。由于该电路中的调制器直接改变了射频振荡

器的幅度，所以会产生低次谐波。在二极管调制器中，谐波的出现会成为一个严重的问题，这些电路的滤波器一般要复杂得多。

干扰问题一般可以采用屏蔽、接地和滤波等方法进行解决。大多数电视机的天线开关是屏蔽的。电子游戏机的大多数射频发生器和调制器也是屏蔽的，而且所有的屏蔽均连接到一个共同的接地点上。有些电视游戏机厂家已将游戏机的电源开关做在天线开关盒内。也就是说，当开关闭合使电视机天线与电视机相连时，电子游戏机的电源会自动断开。虽然在观众观看电视节目时，这种方法消除了可能的干扰。但是，在人们进行电视游戏时，这种方法并不能消除游戏机对其它电视用户的干扰。于是，有必要对射频振荡器部分的输出进行限制，使其输出幅度小于500μV。当然，也必须使开关触点间的射频隔离大于60dB，因为底板和邻近元件之间必然会产生某些漏泄。从调制输出滤波器到天线开关的射频连接使用了接地的同轴电缆。为了能通过干扰辐射检验标准，需要进行全电视频率的屏蔽室检测，以保证其辐射位于所规定的限度之内。

5.2 固定图形的显示电路

下面我们来研究电视游戏机是怎样显示图形的。首先讨论一下诸如游戏场地边界等固定图形是怎样显示的。然后，再讨论如何来显示活动的图形。这两种图形的显示一般采用模拟法和数字法。许多简单的电视游戏机使用模拟法，而几乎所有电脑控制的电视游戏机均采用数字法。为了方便起

见，我们先介绍模拟法，它可以使我们更容易理解视频显示电路的原理。

模拟法：如前所述，行扫描电路工作在15,750Hz(NTSC制）。这就是说，水平扫描时间大约为64μs。如图5-4所示，水平消隐和同步脉冲之间的周期为64μs。在实际电视广播中，这一时间周期就显得略长一些。但是，对于电视游戏机来说，64μs是一种合适的帧时间。6μs的水平周期并不能用于视频信息，因为在这一水平周期内，电子束必须从屏幕的右端回扫至屏幕的左端。这一时间间隔被称之为水平消隐周期。

图5-4示出了使用二者之间连有微分电路的两个单稳态多谐振荡器在屏幕上产生一条垂直条纹的方法。在第一个单稳态多谐振荡器的输入上，即点1上，加上了水平同步或消隐信号，从而对单稳态多谐振荡器进行触发。该多谐振荡器所产生的脉冲间隔是由电位器A决定的，如图5-4的波形所示。这就产生了间隔为A的矩形波信号。当该信号通过微分电路，即出现在点3上时，其信号波形如③所示。在脉冲的上升沿，微分信号变正，而在脉冲的下降沿则变负。第二个单稳态多谐振荡器是这样安排的，它由这个微分后的信号进行驱动，并在负向脉冲时触发。电位器B决定了该单稳态多谐振荡器所产生脉冲的宽度。第二个单稳态多谐振荡器的输出如图5-4的波形④所示。

为了产生一行完整的视频信号，点1出现的水平同步和消隐信号必须与点4出现的视频信号相组合。这是通过一个简单的放大器实现的，所产生的波形如图5-4中的波形⑤所示。应注意的是，水平消隐脉冲为正脉冲，而视频信号为负脉冲。水平消隐脉冲与视频脉冲起点间的距离由电位器A来

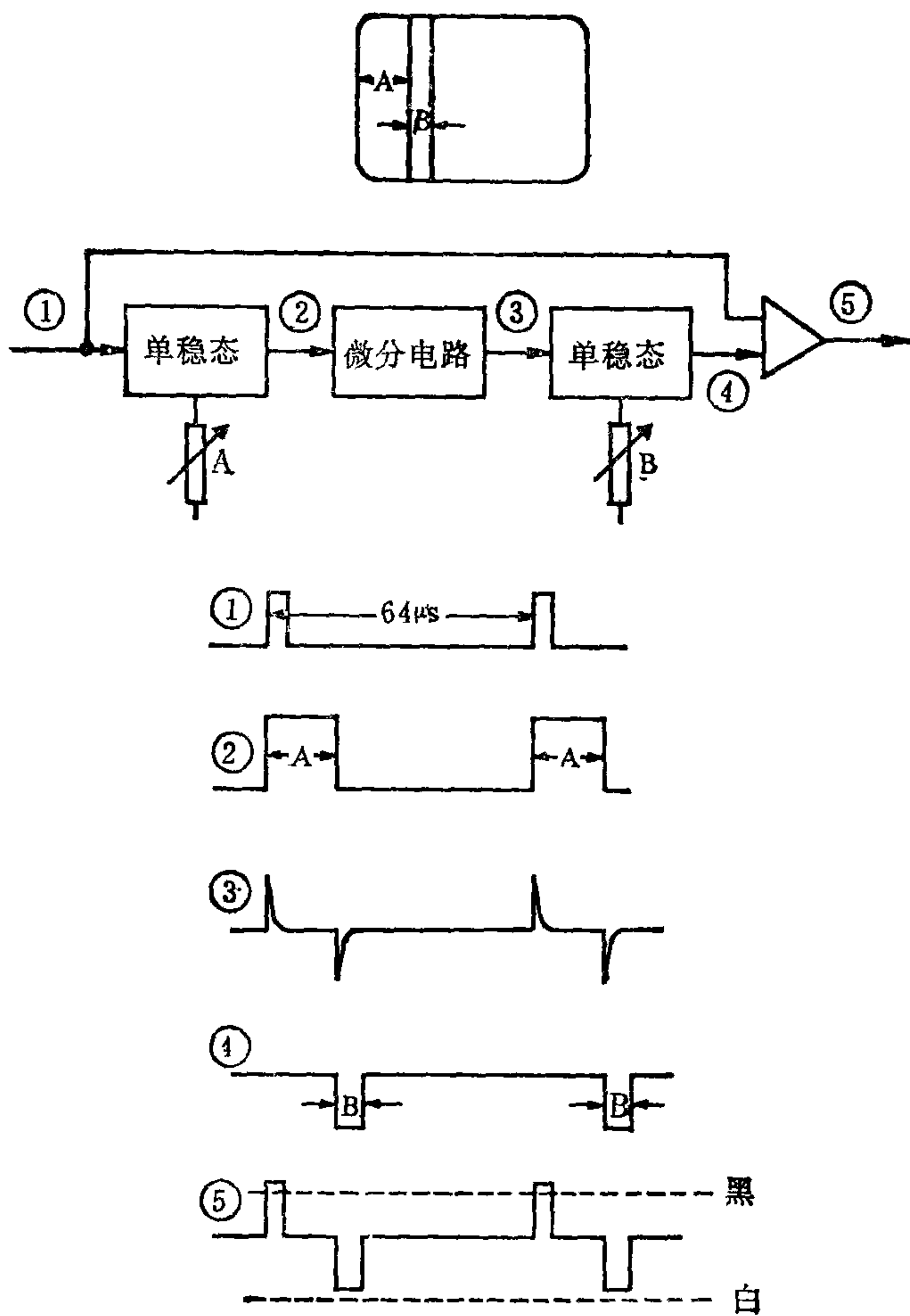


图 5-4 垂直条纹发生器

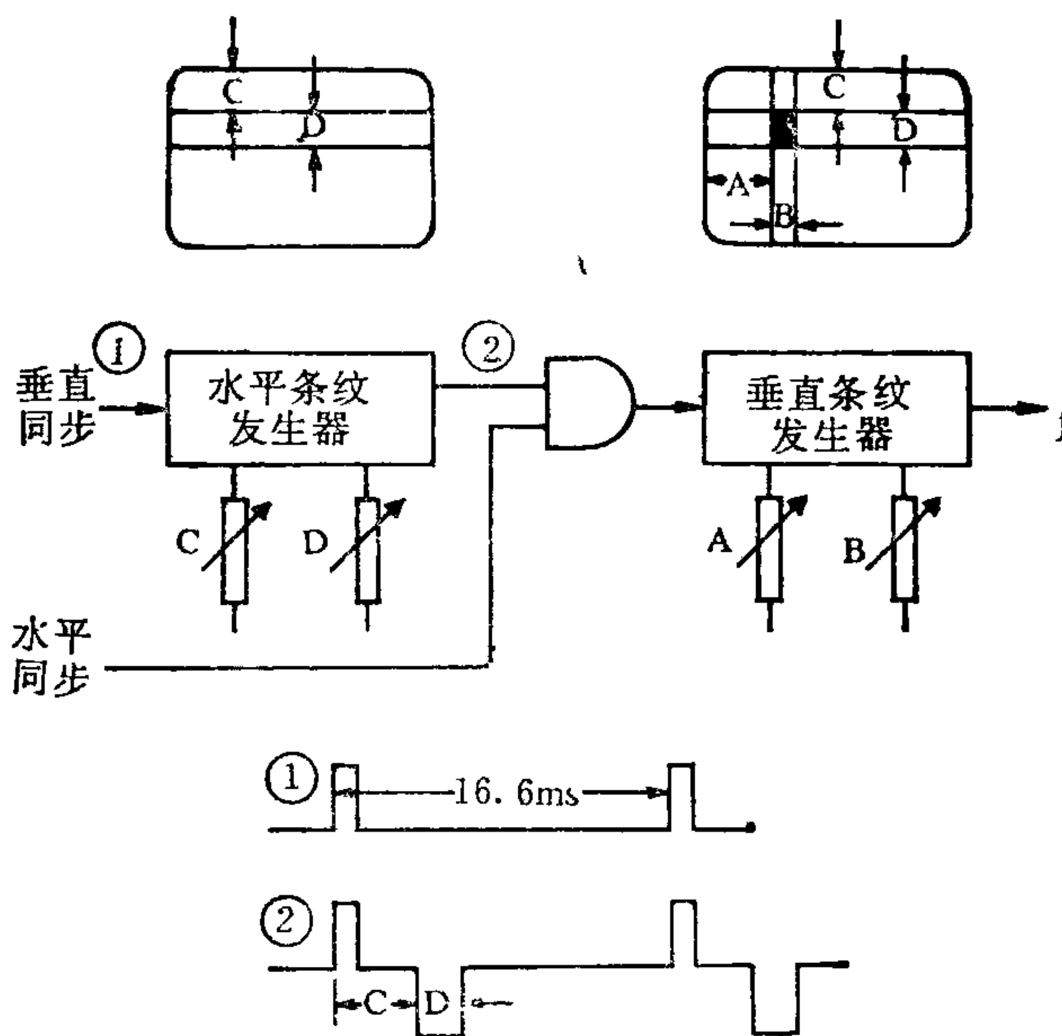


图 5-5　矩形点发生器

决定，视频信号的宽度由电位器B来决定。

这样，只要在电视机中选定适当的极性，那么在与屏幕左端相距A的地方就会出现宽度为B的垂直条纹。每一条水平行经过此处时就变为“白”色。这样，就产生了一条白色的垂直条纹。利用其它的单稳态多谐振荡器或者第二个单稳态的输出来触发第一个单稳态也可以产生其它的白色垂直条纹。另外还有一种方法是，把每一个单稳态看作是一个固定周期的多谐振荡器。它工作在水平同步和消隐脉冲的整数倍频率上并锁定在该脉冲上。用于校准彩色电视机所用的一些图形发生器就是按这种方式工作的。

垂直条纹是通过触发多谐振荡器由水平同步信号来产生的。同样，图5-5所示的垂直同步信号和消隐信号触发单稳态就可以产生水平条纹。其结构与图5-4相同，也是由垂直同步信号触发的，只不过另外附加了电位器C和D。在点2上产生的输出含有一个距图象顶部为Cμs、宽度为*D*μs的脉冲，垂直频率为 60Hz（NTSC制）。这就是说，垂直脉冲之间的周期大约为 16.6ms。另外，将电路进行适当的变化，可以产生许多条水平条纹。

如果要产生一个矩形亮点，诸如表示乒乓球电视游戏机中球拍的亮点，那么我们可以将图5-5所示的一个水平条纹发生器与一个垂直条纹发生器进行组合。当然，按照图5-5中的电路适当地调节电位器也可以产生一个矩形亮点。水平条纹发生器（由垂直同步信号触发）和垂直条纹发生器（由水平同步信号触发）的组合仅需要一个“与”门。该“与”门只有在产生水平条纹时才允许水平同步信号进入。当然，也可以不使用产生水平和垂直条纹发生器的单稳态部件的组合来构成一部完整的网球、曲棍球等游戏机。如后面有关章节所述，在实际电视游戏机中还可以省去一些元器件。

数字法：还可以用数字方法来产生与模拟法相同的显示效果，然而这些显示并不是建立在单稳态多谐振荡器的时间间隔和电位器的调节基础上的，而是以数字计数器为基础的。一行水平行的扫描，包括回扫时间，共需64μs。如果使用2MHz的时钟，就会产生0.5μs的脉冲。如果将这些脉冲送入一个可以计数到128的数字计数器或除法器，那么就可以在一个水平行上确定128个点。当然，在实际情况中，还必须把6μs的回扫时间也考虑在内。

众所周知，每一场有$262^{1}/_{2}$行，每秒钟有60场。即对于2MHz的时钟，每一场总共出现33,536个时钟脉冲。若采用数字方法，则需确定出在33,536个时钟脉冲中的哪一个将作为亮点出现在屏幕上。只要通过一个视频放大器选通这个所要求的时钟脉冲，于是就产生出对应该时刻的一个亮点，这样就可以显示出任意一种图形。这种方法似乎很复杂，而对于用微电脑来产生视频显示来说，其重要部件只不过是数字计数器而已。

在所有的数字显示系统中，关键的数字逻辑电路是可编程序译码器。这种逻辑功能部件可以选择33,536个时钟脉冲中的任意一个。图5-6（a）和（b）简要地示出了其工作原理。图（a）上部所示的4个触发器表示一个简单的二进制计数器或除法器。每个触发器可将输入信号除以2。图（b）示出，加在A点的矩形波形，其频率是B点波形的两倍，而时间间隔却是其一半。第一个触发器的输出是第二个触发器C输出的4倍，依此类推。图（a）示出了基本除法器的连接方法。而实际的除法器或计数器还要包含一些用于隔离、复位的附加门电路。

图5-6（a）仅示出了简化的逻辑部分，即译码器的程序可控部分。只有那些由控制输入1、2、3、4和5允许的信号才能出现在输出“或”门上。如图5-6（b）中的例子所述，如果只有A和C启动，则对于C脉冲每一上升沿会出现原有频率的双倍脉冲。当A、B和C相组合时，由于B信号的下降沿消除了第二个A脉冲，所以其结果将是一个单脉冲输出。从这些例子可以看出，适当地应用控制信号1、2、3、4和5，可以得到任何一组输出组合。在一个典型的10

位可编程序译码器中，逻辑电路虽然比较复杂，然而，其基本元件，即控制这一除法器输出的二进制除法器和一组逻辑门电路都是相同的。

用于产生数字黑白视频信号所需要的所有功能电路如图5-7所示。假设晶控时钟为2MHz，可以看到除以128的计数器可以在每一行的基础上产生视频细节。该除法器的输出是水平同步频率，它再被加到除以262.5的计数器上，来决

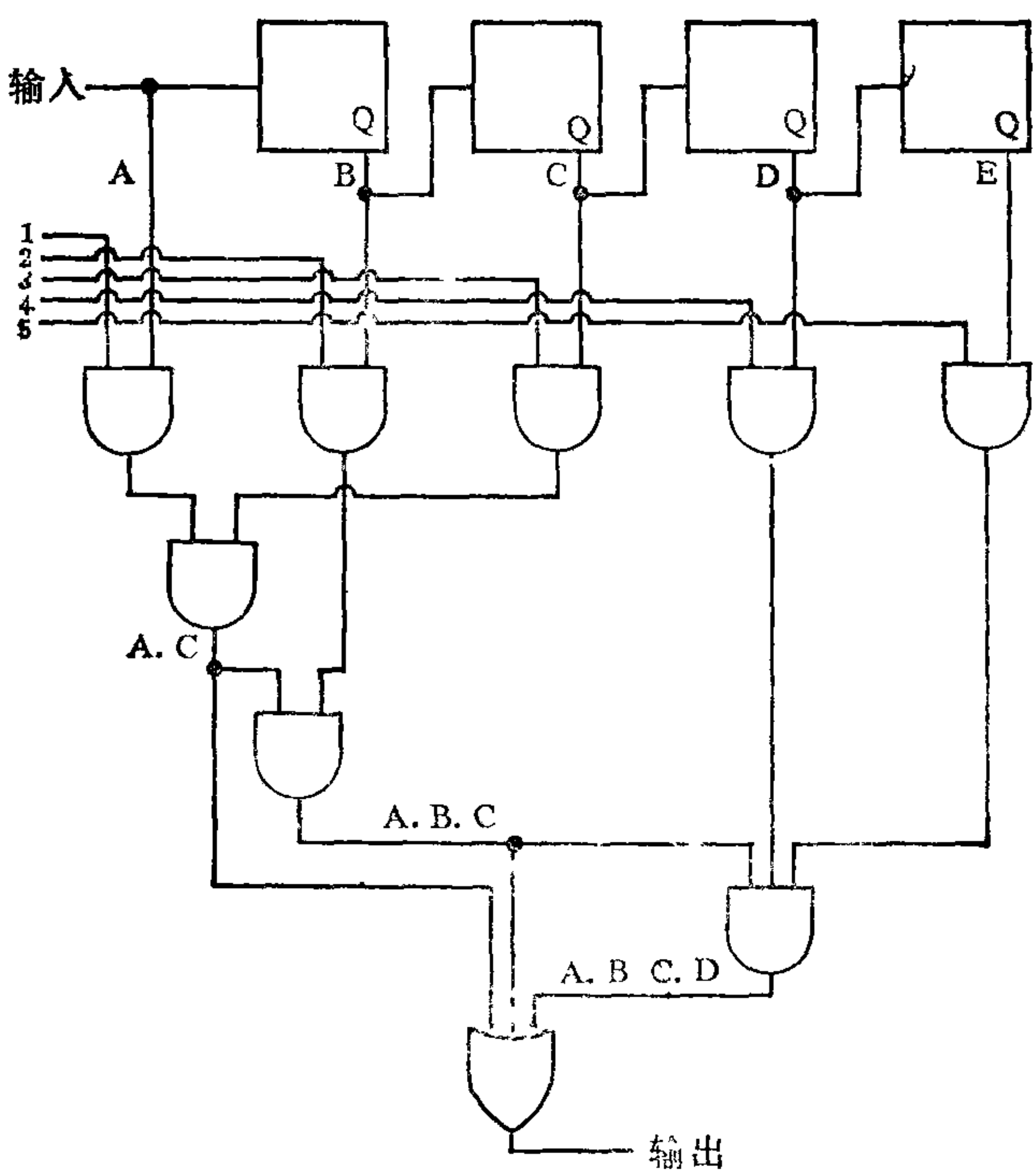


图 5-6 (a) 简化的可编程序译码器逻辑

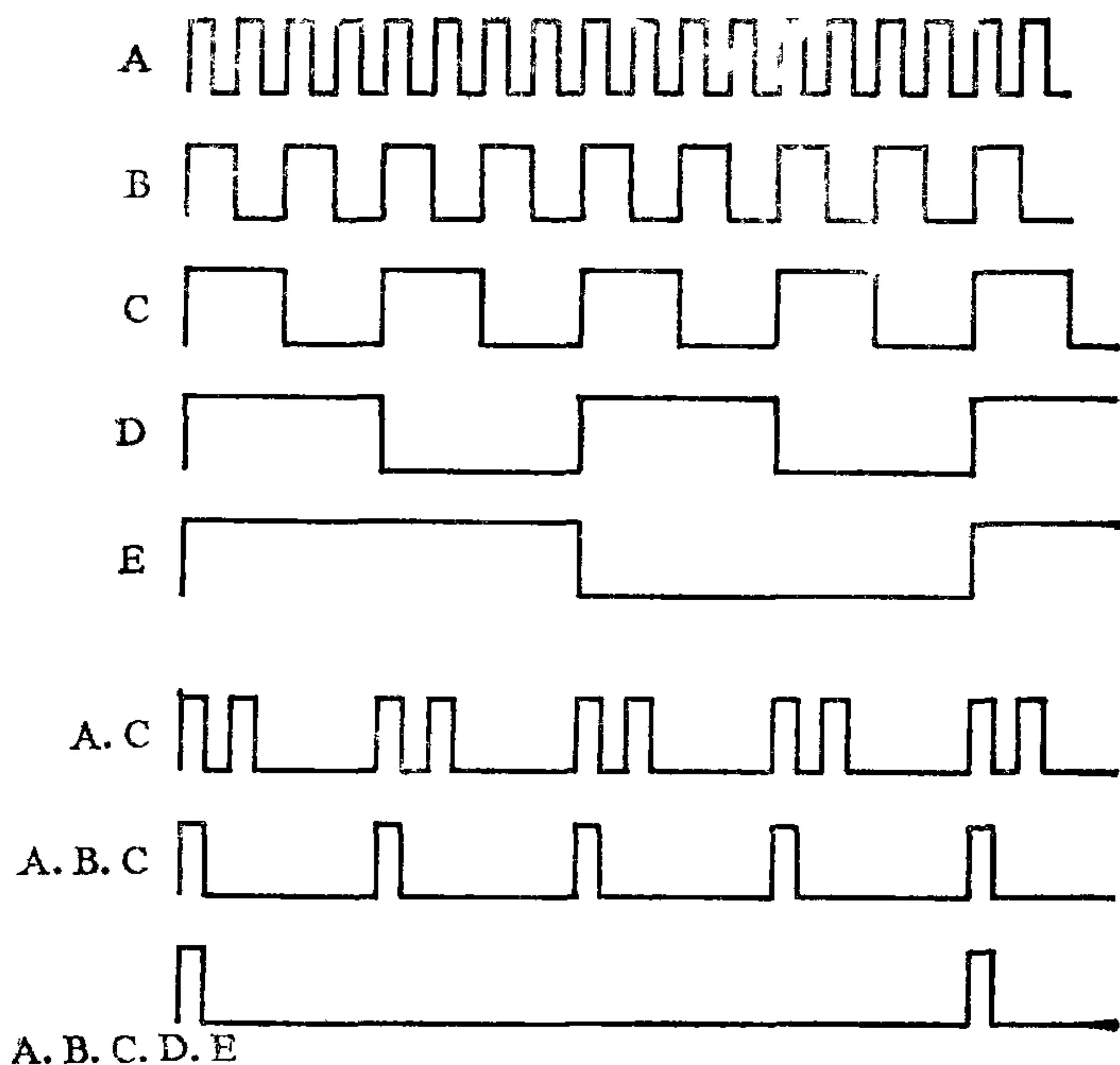


图 5-6　(b) 图 (a) 中各点的输出波形

定视频信号将出现在哪一行上。我们已经知道，除以 128 计数器的输出是从除以 2 一直排到除以128的。在大多数比较简单的电视游戏机中，对于视频细节的要求并不高。这就是说，不需要0.5μs的脉冲。如果需要1.0μs的脉冲，那么送入逻辑部分的最简单输出将为时钟频率2MHz除以 2 。在水平行计数器中，由 1 行到40行、234行到262行一般为消隐信号。它即可作为垂直回扫部分又可作为屏幕上端和下端的消隐信号。所以，对于除以262的时钟仅示出了从40行到234行。

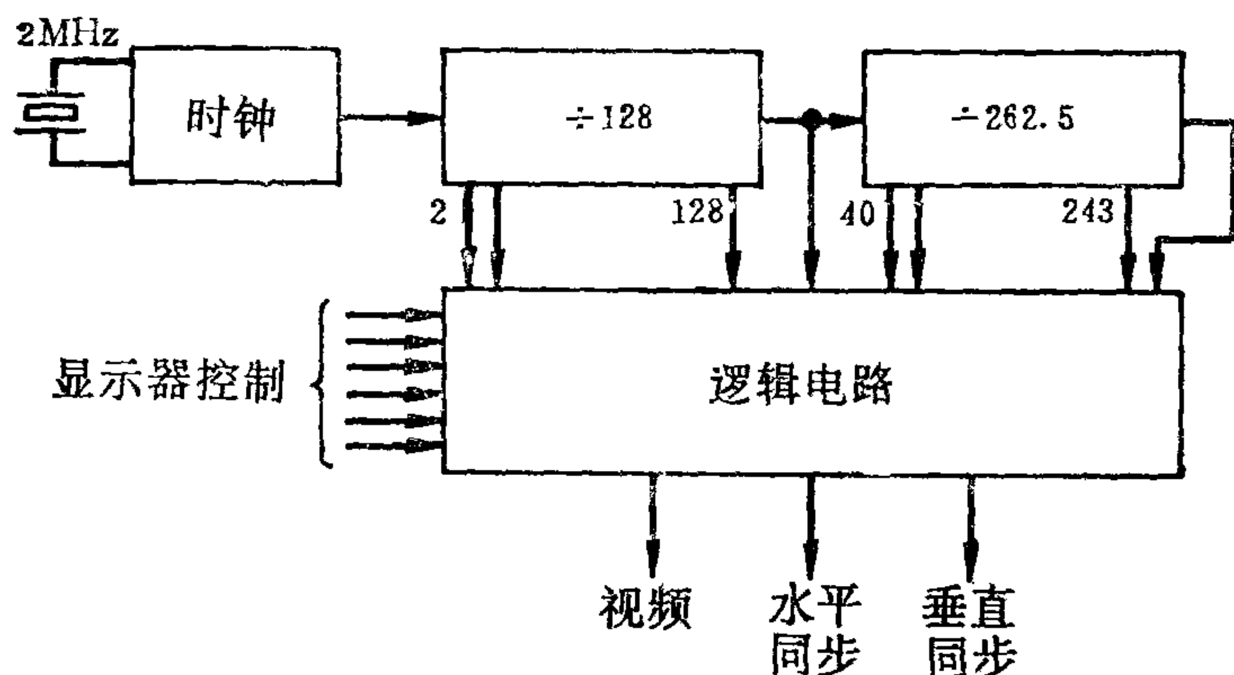


图 5-7 数字视频发生器（黑白）

在图5-7中的“逻辑”功能块会有大量的门电路。但其中“显示器控制”部分的输入不必具有如图5-6所示那样多的输入线。如果要显示 1.0μs 的细节，那么我们可以想象出，将需要64条显示器控制线才能选择想要在屏幕上点亮的点位。幸好二进制64即可表示 6 条控制线。当我们使用 6 条控制线来选择64个输出脉冲的任一脉冲时，则我们可以利用与二进制计数器或除法器相同的二进制逻辑原理。采用相同方法，仅用 8 条控制线即可确定有关256 条 水平线的垂直方位。数字视频输出将是一条单一的线，而所有的可变逻辑输出最终都可归结为视频信号。

不受显示器控制影响的两个专用逻辑电路也包含在该逻辑块内。其中一个可提供水平同步和消隐信号，而另一个可提供垂直同步和消隐信号。取出128和262除法器的输出，分别将它们与相应的脉宽信号相组合即可得到这些信号。

图5-7中的逻辑块，功能十分复杂，但大规模集成电路工

艺可以将所有这些电路做在一块集成电路内。在一些电视游戏机中，不仅是视频显示部分，甚至更复杂的电路都可以做在一块集成电路内。

至此，仅分析了电视游戏机的黑白视频显示。大家知道，为了产生彩色电视图象，必须对3.579MHz的彩色副载波进行相位调制并包含在发射信号中，对于电视游戏机来说，可以使用如图5-8所示的3.58MHz晶体控制时钟来作为所有的电视信号源。如上所述，一个单块集成电路一般包含了如图5-8所示的所有电路。应注意的是，时钟频率应为3.58MHz而不是2MHz。将时钟信号除以227.5就可以得到水平扫描频率。为了达到彩色电视所要求的精度，垂直除法器也需要达到更高的精度，即应除以262.5。逻辑和显示控制电路基本上与黑白电视游戏机相同，只不过对于彩色显示

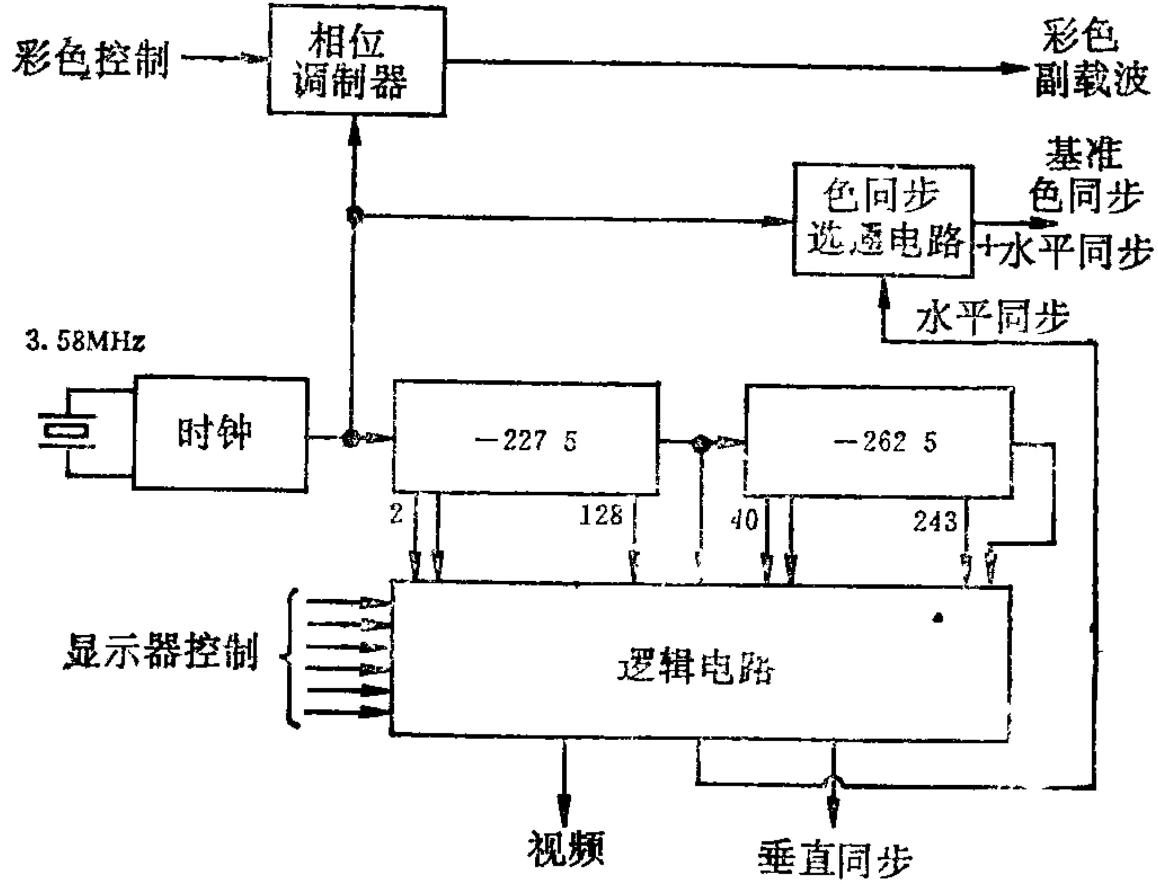


图 5-8 数字视频发生器（彩色）

来说，需要两个附加的部件，即相位调制器和彩色同步门。

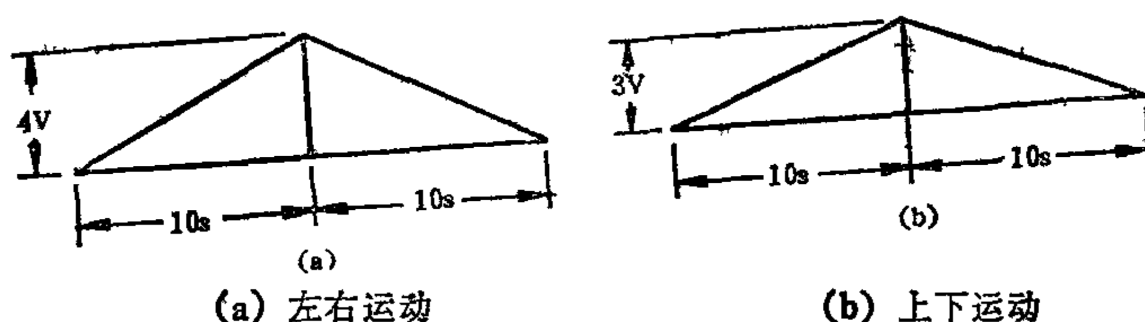
大家知道，彩色基准信号必须加到电视接收机内，这个基准信号是作为一个8周期的脉冲叠加到水平消隐脉冲上的。这一点可以使用水平同步和消隐脉冲在图5-8中所示的色同步选通门电路中来实现。调制的彩色副载波从标有“彩色控制”的线上获得彩色信息，“彩色控制”线决定了3.58MHz基准的相位。大多数电子游戏机使用数目有限的色彩。这就是说，需要使用固定相位角的机理。有关电视游戏机的彩色相位调制，我们在后面还要进行详述。

5.3 活动图形的显示电路

电视游戏机中的画面动作与大家所熟悉的电影动画片很相似。一系列不同的图片，其中每一张的静止背景相同，但运动图形依次略有不同。当将它们进行快速投影时，就会得到动作连贯的画面。早期电影中的跳动式画面与现在我们已经习惯了的连贯性动作之间的差别在于，单位时间内所拍图片的数量有所不同。按同样原理，瞬时显示的画面也可以加到电子游戏机上作为活动的图形。当然，这也可使用模拟法和数字法。

模拟法：为了使图5-5中产生的光点从屏幕的左端向屏幕右端移动，仅需要调节用以决定光点距屏幕左端距离的电位器A即可。如果想要使光点从屏幕顶部向屏幕底部运动，那么仅需要调节电位器C即可。如果要使光点从屏幕对角线的左上角穿过屏幕向右下角运动，那么必须同时调节电位器C和A。

在电子游戏机中，这种图形的运动是通过改变电位器 A 和C的电压而实现的。图5-9(a) 示出了电位器A（图5-5)上所加的电压。该电位器可以控制图形从左向右以及从右向左运动。应注意，其时间间隔为10秒。如果将该电压加到电位器A上，那么就可以看到光点，即乒乓球或网球游戏中的球会从屏幕的左端向右端平缓地移动达10秒钟。而后又反过来从右端向左端平缓移动达10秒钟。



(a) 左右运动　　(b) 上下运动

图 5-9　点信号发生器用的运动信号

图5-9（b）示出了另一种三角波形电压。它是由两段组成的，每段为10秒。所加的该电压代替了图5-5中的电位器C，它可以提供垂直运动。若希望球沿对角线方向运动，那么图5-5中电位器A和C上所加电压的时间周期必须相同。

如果图5-9（a）和（b）所示的两个三角形波形的相关电压不同，那么球将不会完全沿着对角线方向运动，将或多或少地偏向水平或垂直方向。如果上下运动仅延续 5 秒，那么球在前 5 秒沿对角线方向运动，而后 5 秒会沿水平方向运动。如果恰恰相反，那么上下运动的波形就不会是一条直线，而是一条曲线，球的运行轨迹也将是曲线。按照左右和上下运动所用的波形，将会为球的运动提供复杂的轨迹。也可以用不同的角度来设计游戏逻辑。也就是说，根据球接触球拍的不同位置，球会以左右或上下不同的比率进行运动。

为了使游戏机的功能更加复杂，两个三角形波之间的这一比率可以随机地进行变化。游戏者控制面板上的按钮开关可以决定运动是加速还是减速。它可以将图5-9中10秒钟的持续时间按要求进行变化。一旦采用模拟运动方式，那么这种运动所产生的波形就会模拟它本身的运动轨迹。

数字法：在利用数字法显示固定图形的过程中，物体的方位是由显示器控制所选择的脉冲时刻来决定的。也就是说，物体方位的任何变化都可以由显示器控制信号的变化来决定。具体数字技术取决于微处理机或专用逻辑电路。但是，在各种电视游戏机中，具体运动是通过物体方位坐标的连续变化而产生的。在数字方法中，方位坐标变化的速度决定了物体运动的速度。由于电视游戏机每秒钟要显示60场，所以，所有产生数字运动的部分必须工作在60Hz垂直同步信号的某一因数频率上。

为了用数字方法来产生上述模拟法所产生的运动，必须事先确定在10s内使球从屏幕左上角运动到右下角时所需要的步数。

若用600步完成这一运动，则每60Hz一场就是一步。在坐标上必须提供600次水平的和600次垂直的变化。由于对于2MHz的时钟，每一水平行仅有128个水平步和262个垂直步，所以很明显要实现这一点是不可能的。由于有6μs的回扫时间，所以在水平方向的方位上仅有116个0.5μs的步。如果按0.5μs的步进行方位变化，每100ms一步，那么会使球在10s内从左向右移动50μs的距离。虽然这样并不能覆盖该屏幕58μs的整个水平宽度。但是，这完全接近于提供一个可以接受的图形。

由图5-7看出，垂直线数是可以变化的，可从40变化到234。为了简化起见，假设使用了200条线，那么要在10s内移动该距离，可以每50ms将一条水平线变为下一条水平线。只要看一下整个运动，则会发现，球的运动不再呈现出每50ms变化一次的垂直运动和每100ms变化一次的水平运动，而是沿对角线方向的运动。幸好这个运动速度足以满足人的眼睛连续视觉的要求。所以运动表现得比较连贯。若用同一种数字法用100s的时间使球穿过屏幕，则球的运动就会呈现出从左至右、从上至下的瞬时跳动。

显然，在模拟方法中，不仅可以产生物体直线运动的轨迹，也可以产生多种轨迹的组合。当然，这种运动轨迹也可以用数字法来产生。在数字法中，仅需要修改变化速度或增加显示控制数据即可。如后面两章所述，对于微电脑控制的游戏机来说，可以设计专用的控制逻辑部分或程序部分来提供这种运动。

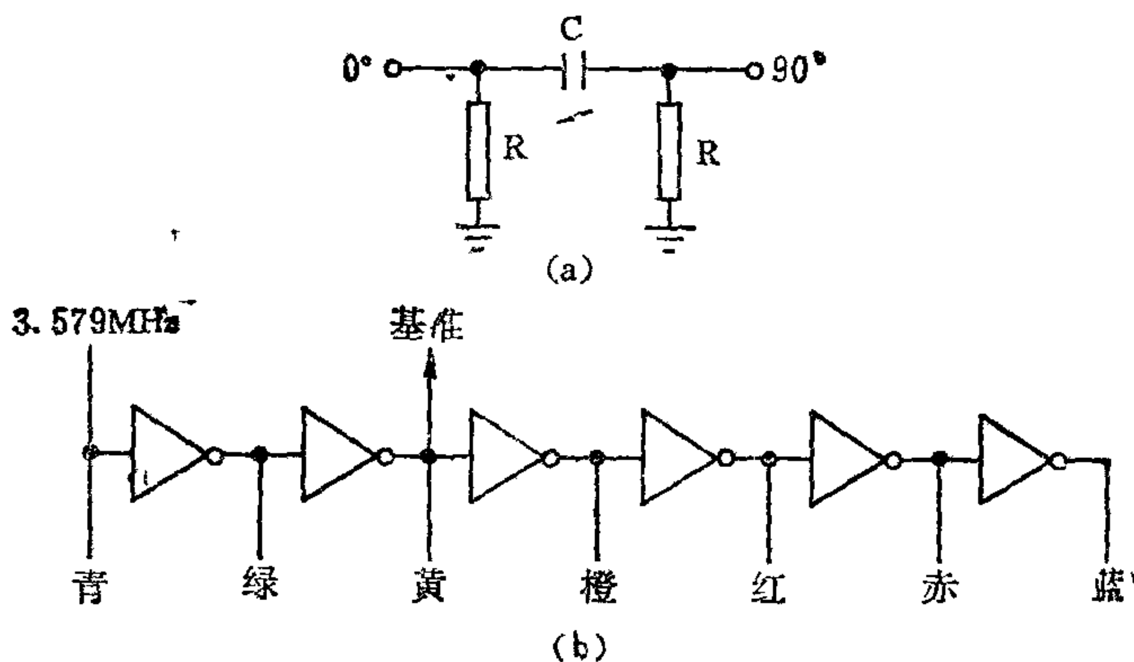
5.4 彩色显示电路

众所周知，彩色信息是对3.579MHz彩色副载波的相位和幅度调制后发送的。在本章的开始部分，已经谈到，在彩色电视游戏机中，3.579MHz的晶体可以提供数字显示发生电路的基本时钟。同时还指出，对电视游戏机附加色彩必须要提供两种专用的功能电路。一个是彩色相位调制器，另一个是彩色基准同步电路，彩色基准同步脉冲是8个或10个周期的彩色基准频率，它可以在每一水平消隐脉冲的熄灭脉冲电平处被选通和叠加。这一功能一般包含在一块显示器集成

电路内。

下面详细介绍第二个电路，即彩色相位调制器。如前所述，彩色副载波的相位角的幅度决定了屏幕上色彩的色调和饱和度。对于广播彩色电视图象来说，其相位角和幅度一直随着3种电子束对彩色显象管屏幕的扫描而变化，而电视游戏机仅使用了几种固定的颜色。其典型的例子是，游戏场地的背景是绿色的、球是白色的，球拍可以是白色，也可以是黑色。在有些游戏机中，例如赛马和坦克大战游戏机，不同的游戏者所控制的目标被赋予不同的颜色。任何一类电子游戏机都没有必要使用广播电视图象中的全颜色。所以，完全可以选择一定数值的相位角和幅度来提供某些固定的颜色。

图5-10说明了彩色显示电路中的主要色彩成分。最简单的移相方法是采用如图5-10（a）所示的*RC*网络，它可以提供高达90°的相移。改变*R*和*C*的相对值，可以获得小于90°的相位变化。一个单级放大器一般可以在输入和输出之间将相位移动180°。带有反馈的放大器，如运算放大器，可以提供不同角度的相移，具体取决于反馈网络。如图5-10（b)的电路所示，典型的AY-3-8500电路，可以对大多数电视游戏机提供必要的相位角。与第一级放大器相连的3.579MHz信号对应于深蓝色。这种对应关系是建立在将第二级输出的基准信号进行分支的基础上的。第二级对应于黄色。在彩色显示器集成电路的色彩转换器部分中，对应于深蓝、绿、黄、橙、红、深红及蓝等颜色的电压是按照对各个游戏者控制目标所赋予的颜色来选通的。对于另一种不同的游戏，仅需要在不同点处对副载波基准信号进行分支即可产生一组完全不同的颜色。当游戏者转换到另一种游戏节目时，游戏机会自



(a) *R*-*C*移相器

(b) 典型的集成电路移相器

图 5-10 集成电路彩色相位发生器

动地将不同的颜色加到不同的物体上。

为了能显示正确的颜色，在具体物体被显示的时间内，控制逻辑或微处理机必须将对应的3.579MHz的相位信号选通至复合视频信号上。在广播电视中，彩色信息（色调和饱和度）是通过彩色副载波发送的。但是，亮度信息是作为黑白信号的一部分发送的。在电视游戏机中，也必须产生一种黑白信号。与广播电视相同，它对应于黑白游戏机所使用的亮度信号。重要的是，亮度信号需要有一定的幅度以保证彩色不过亮。由于游戏目标会长时间地保持固定，所以无论是黑白电视游戏机还是彩色电视游戏机，过亮都会损坏显象管。不同的集成电路厂家虽然采用了不同的技术，但是它们基本上都是产生一个数目有限的相位矢量。然后，按照显示器中所要求物体的颜色对这些相位矢量进行选择。

5.5 特殊显示效果

在电视游戏机中还有一些重要的特性，诸如物体的随机起动、定位或运动。同样，球与球拍、赛车或其它竞赛目标之间的碰撞也是重要的显示特性。物体在近处出现时其大小的变化、物体旋转时其外形的变化、字母数字的显示以及类似的其它特性都可以被看作是特殊显示效果。但是，在实际情况下，这些特殊效果是逻辑控制功能的一部分，而并非是显示器的功能。在微电脑控制的游戏机中，所有这类较为复杂的效果，特别是检测物体之间的碰撞、尺寸变化等，均是通过程序来实现的。基于这一原因，我们在后面第十一章讨论程序时，还要对这些特殊效果进行详述。

在商用柜式游戏机中，经常使用的一种最鲜明的特殊显示效果是利用一块半镀银的镜子实现的。这样，在电视图象上又叠加了一层固定的"背景"（图5-11）。这类特殊效果的一个典型例子是"黑白打猎游戏机"。在这种游戏机上，靶子在电视屏幕上穿越。电视屏幕上的树和灌木在颜色上有部分是叠加的。森林景色被印刷或丝网漏印在一块玻璃上，背景衬有灯光。观众通过一块半镀银的镜子注视着屏幕，可以看到运动着的画面显示，同时也可以看到作为背景的森林景色。电视显象管的亮度和森林背景光必须适当地平衡，以给出逼真的效果。要改换成其它游戏机，仅需熄灭森林显示的光源使电视显象管作为唯一可视部分即可。要实现上述的逼真效果，则需有显象管和背景两种显示。所有半镀银镜均做在一个不透光的盒子内。

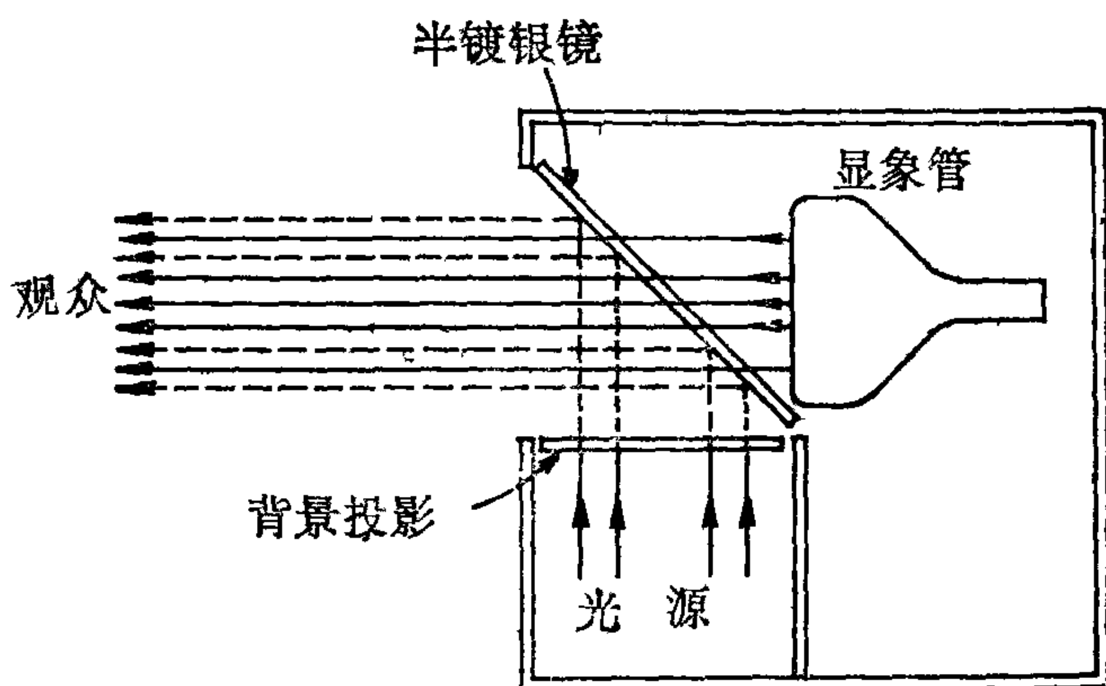


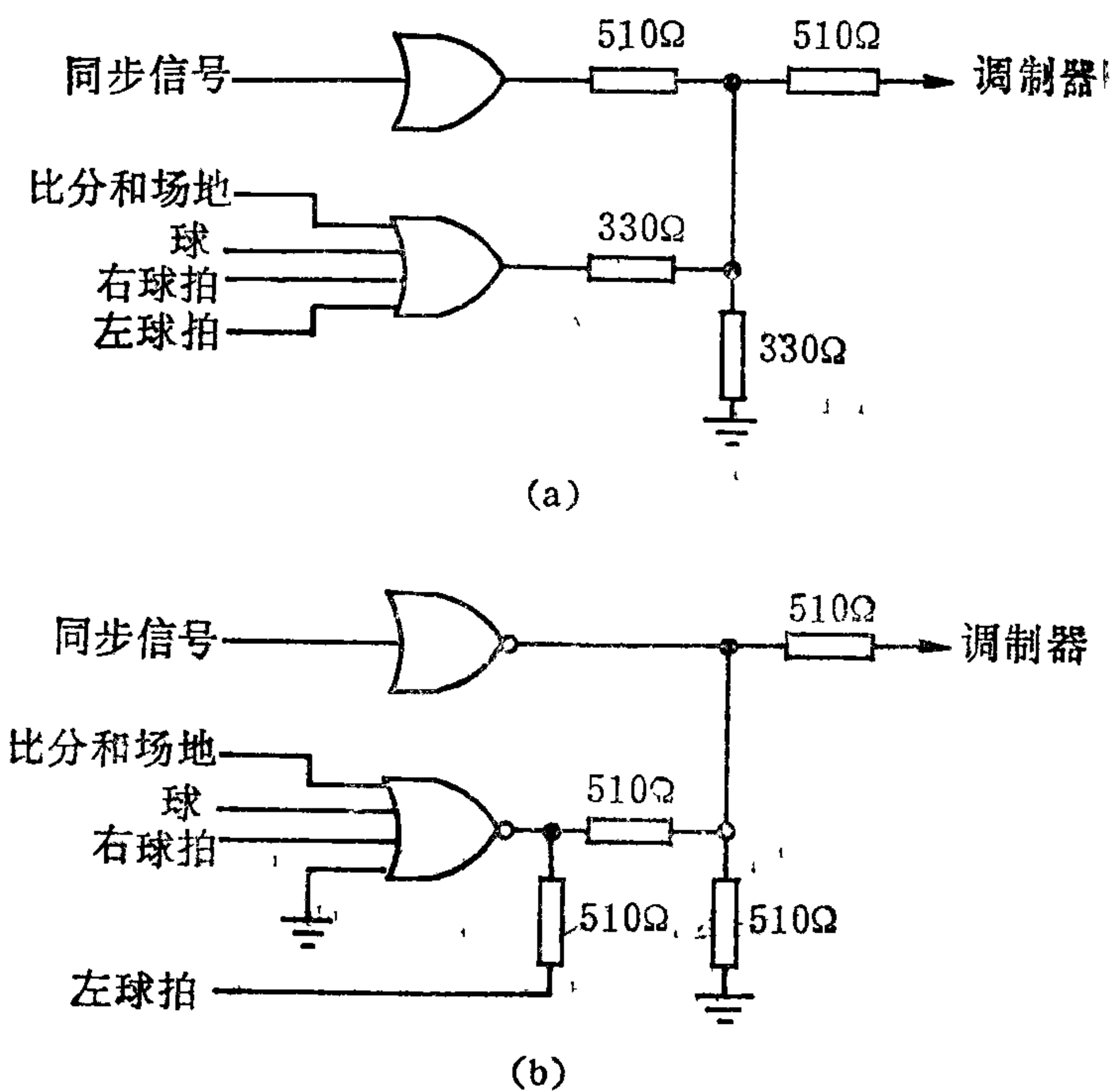
图 5-11 用于产生特殊显示效果的半镀银镜

无论是打猎游戏机还是打靶游戏机都有一个不可缺少的机械附件，即步枪。步枪枪管中有一个简单的光学系统，可以将来自电视机发光靶上的光束聚焦送至光电池上。放大器后面有两个逻辑电路。一个电路在光线可见时用来产生短脉冲。第二个电路在步枪扳机被勾下时用来产生短脉冲。当两个脉冲相重叠时，即指示一次命中。在没有出现光检测脉冲时勾下扳机，即记下一次失误。在有些电视游戏机中，特别是昂贵的投币式游戏机，命中目标以后靶子就会消失，或者被打得粉碎。

一种广泛使用的特殊效果是记分的闪烁或其他显示目标的闪烁。为了产生这种效果，应该使这些闪烁目标的显示在每秒钟中断 1 ~ 3 次。在有些游戏机中，还可以提供不同的闪烁速度以指示不同的功能。

在各类控制逻辑和微电脑控制的游戏机中，还有一种特殊的显示效果，即可以对所选择的显示部分变换视频极性。

图5-12示出了这种典型的特殊效果电路。这种电路可以使比分、场地、球和左右球拍或球棒均是在白色背景上以黑色表示的。如图5-12（a）所示，4个视频信号通过一个简单的“或”门与同步信号相组合，该同步信号可以通过其它的“或”门来获得。然后，复合视频信号与调制器相连接。信号的相对幅度可以在混频电阻上获得。使用图5-12（b）的



（a）黑白背景　　（b）在灰色背景上的黑白效果

图 5-12　典型的特殊显示效果电路

组合电路可以用灰色背景来代替白色背景，使一个球拍发光，而其他球拍、比分、场地边界和球仍然显示出黑色。在这一具体电路中我们使用了“或非”门代替了“或”门。左面球拍的视频信号直接连到“或非”门的输出上，对3个视频信号进行求和。这里还应注意，该电路中的混频电阻的阻值略有变化。为了建立屏幕的背景电平，混频网络的输出仍然由调制器来提供。

从图5-12的电路上不难看出，通过对不同部分视频信号的极性和相对幅度进行选择，我们完全可以对显示目标安排出黑、白、灰等各种颜色的组合。如5.4节所述，在把彩色加到电视游戏机上时可以得到类似的效果。

5.6 典型显示电路

视频显示电路的选用应视电子游戏机种类的不同而异。下面我们通过两个例子来进行说明。第一个例子是较为简单的逻辑控制游戏机的视频部分，选用“奥德赛”游戏机。第二个例子是较为复杂的微电脑控制的游戏机，选用美国无线电公司生产的“演播室Ⅱ”游戏机。“奥德赛”游戏机的电路主要集中在一块集成电路内，当然还有少许分离的元器件组成的2 MHz时钟、电压调节、音频放大以及射频振荡器等电路。

如图5-13所示，从集成电路得到左、右球拍、球和游戏图形（墙）等4个分离的视频信号，并通过4只二极管进行组合。组合后的水平和垂直同步信号相叠加。然后，将总信号送到一个二极管调制器上。应注意的是，射频振荡器由一个线

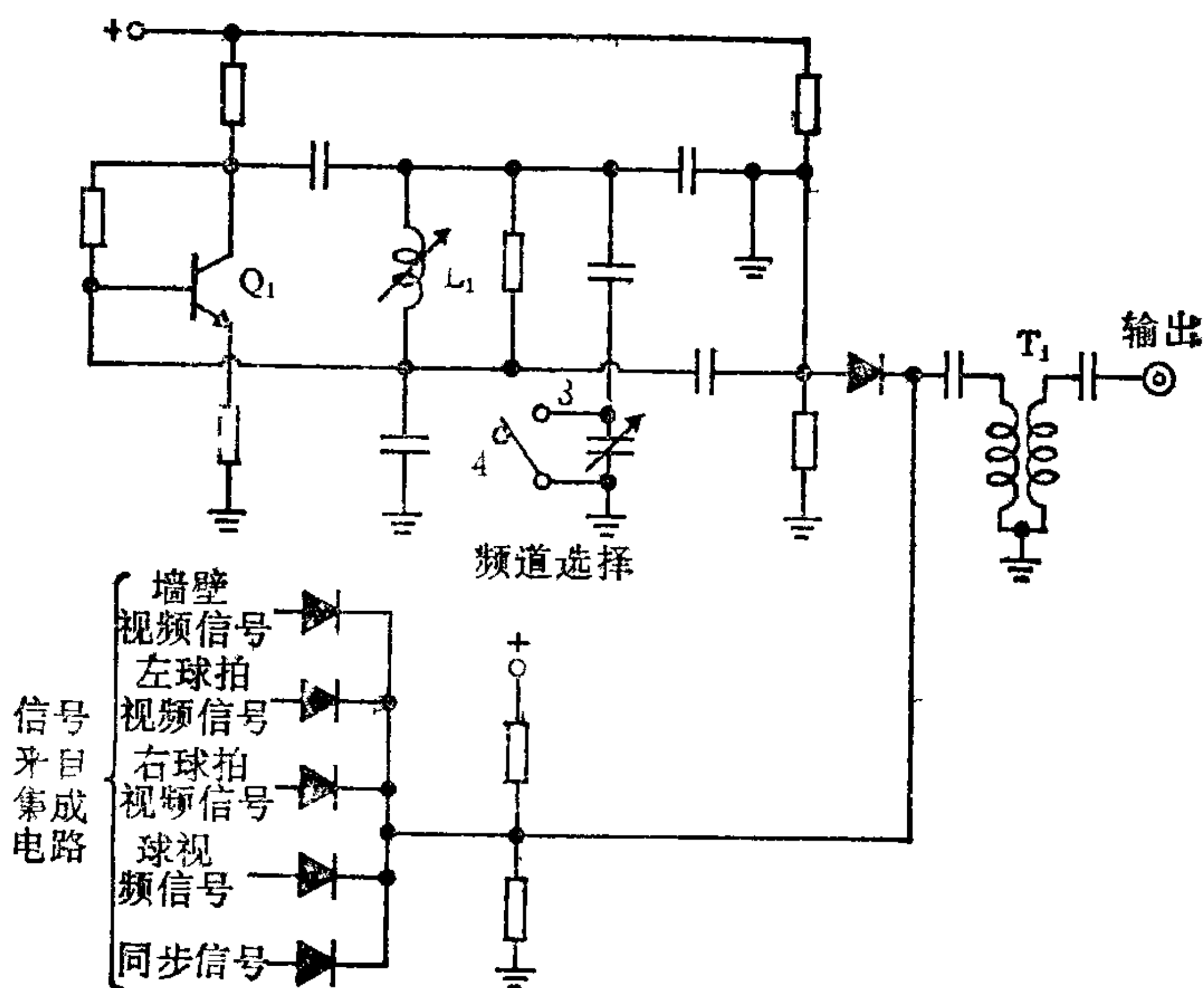


图 5-13 "奥德赛"游戏机的视频显示电路

圈L_1进行调谐。另外，用户是选择 3 频道，还是选择 4 频道，主要取决于电路中的微调电容器是否被短路。射频振荡器的输出被加到二极管上。这样，它可以起调制器的作用。由电容器和双调谐变压器组成的滤波电路可以将输出限制在所需要的频段内，如 3 频道或 4 频道。

"演播室Ⅱ"的显示电路主要由两块集成电路组成，如图5-14所示。微处理机的 6 条控制线驱动着视频显示电路。这块集成电路与 8 位数据总线相连，视频显示电路工作在1760kHz时钟上。所有的不同视频信号在这块集成电路上进行组合。组合后的视频信号被直接送至射频振荡器和调制器

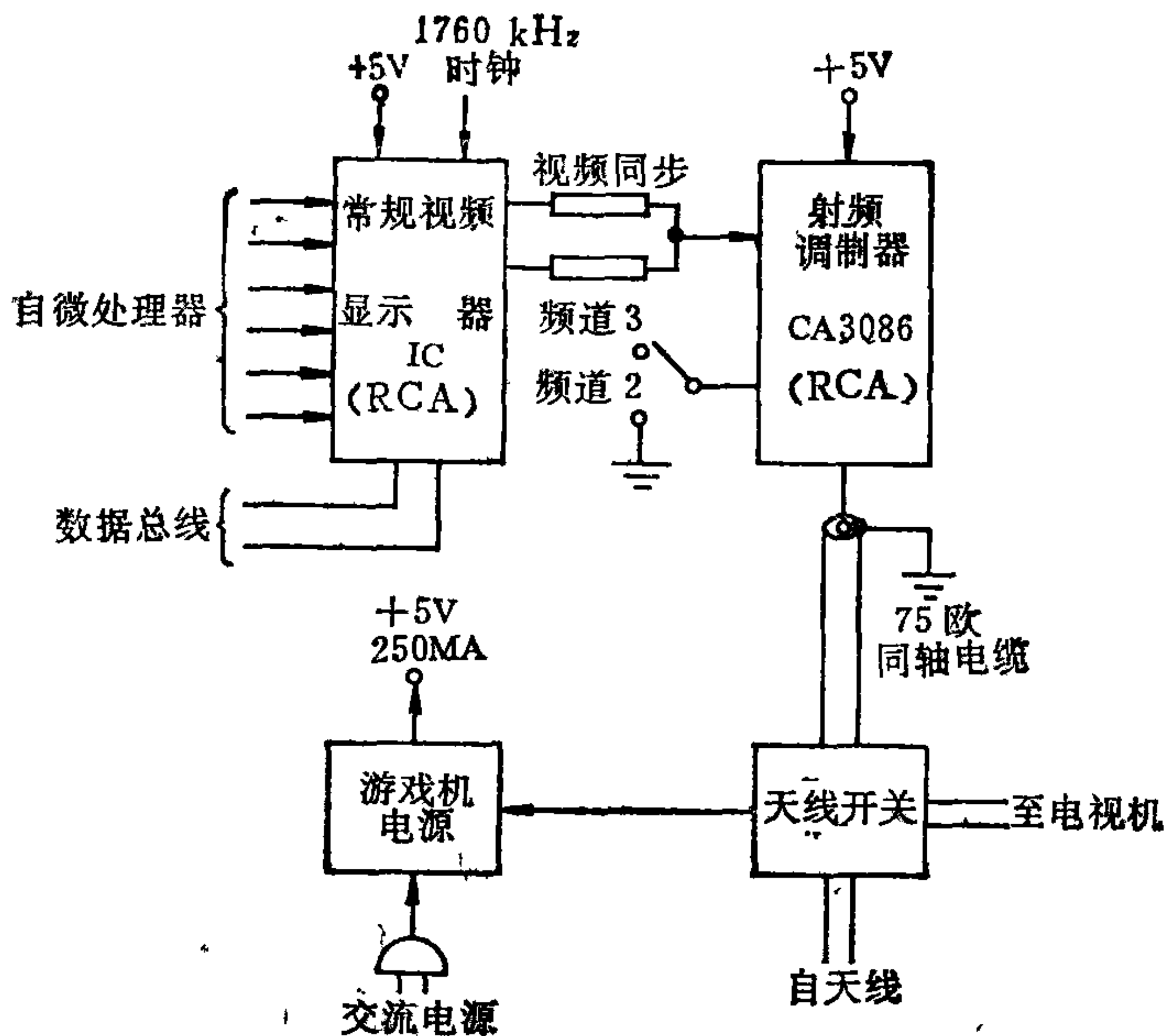


图 5-14 “演播室Ⅱ”游戏机的视频显示电路

集成电路上，即图中的CA3086（RCA）。射频信号的选择可由2频道或3频道的开关进行控制。一根75Ω的同轴电缆从集成电路上直接引到天线开关盒上。当该开关被扳到使外部天线直接与电视机相连时，则游戏机会自动关闭。“奥德赛”游戏机可以直接由电池供电，也可以与外部电源相连接。但由电源供电时，当天线开关被扳到接收电视节目时，游戏机并不关闭。

5.7 显示电路的故障查寻

第十二章将介绍各类电子游戏机的故障查寻技术，这里主要介绍显示电路部分的具体故障查寻。

由图5-1所示的框图，可以看出射频振荡器和调制器及显示器本身所能出现故障的后果。表5-1所列的故障查寻方法仅供读者参考，不可一成不变地刻守。它列出了显示器部分可能出现的3大故障表现。若电视屏幕上没有任何图形，则可能因天线开关、射频振荡器、调制器或显示器集成电路本身的故障所致。天线开关所能出现的故障主要表现在开关盒及其连线的接触不良。如果使用天线开关同时控制交流电源，则其连线的故障就可能造成电视屏幕上无图象。

当射频振荡器工作在错误频率或者不起振时，射频信号就不能到达电视机。为了测定射频振荡器的工作是否正常，可以测量振荡晶体管、集成电路及所属元件的直流电压，即可找到故障所在。如果使用一台带有射频检测探针的高增益示波器，则可检测出是否有射频输出。由于射频输出幅度一般小于500μV，所以要求使用增益较高的示波器。调制器本身很少出现故障，但可能出现开路或短路现象。检查调制器电路的连续性并用示波器检查视频输入则可帮助你找到故障所在。

若显示器集成电路本身出现故障，则不会有输出。这时，可测量其直流电压并对视频、同步和控制信号进行示波器检查，即可找到故障源。

当射频振荡器和天线开关工作失常时，除了加不上视频

表 5-1 显示电路的故障查寻

故障表现	故障部位	故障根源	检测部位
显示器上无图形	天线开关	接触不良	天线开关、电源引线、接线及插座
显示器上无图形	天线开关	无交流电	开关、电源引线、交流电缆
显示器上无图形	射频振荡器	频率错误	频道开关、调谐器
显示器上无图形	射频振荡器	无振荡	直流电压、晶体管、集成电路及其它元件
显示器上无图形	调制器	开路或短路	调制器是否开路，用示波器检查视频信号
显示器上无图形	显示器集成电路	无输出	检查直流电压、视频和控制信号
图形不同步	显示器集成电路或调制器	同步脉冲损失	用示波器检查同步和时钟输入
显示器部分故障	显示器集成电路或控制信号	部分视频信号损失	用示波器跟踪视频信号，用示波器检查图形运动控制部分

信号来对输出进行调制以外，一般还可以使用电视机来检测是否能接收到射频信号。为此，可将电视天线直接与电视机相连。也可以将天线开关连接到相同的电视机端子上。再将电视机调谐到常规电视广播频道上，并将射频振荡器也调谐

到同一频道，那么在电视游戏机接通和切断时则可观察到某种干扰现象。

当在电视屏幕上观察到有图形漂移或浮动时，则说明存在着同步衰减问题。这种迹象往往是由于电视游戏机中同步脉冲的损失所致。垂直脉冲或水平脉冲或者两者的同步脉冲都有可能发生衰减或者极性接错的现象。当观察到这种迹象时，则说明射频部分已经工作。用示波器检查同步信号的波形是寻找这类故障的最佳方法。

在游戏机显示电路的某些部分发生故障时，例如球拍、球或某部分游戏场地边界不能正常显示时，其原因很可能是显示器集成电路的控制信号不正常。一般说来，这种故障的根源可能是控制逻辑和微处理机部分。在极少数的情况下，显示器集成电路本身或其外部连线出现故障。

从表5-1可知，在所有可能发生的故障中，有90%以上的故障发生在射频、调制器及显示器电路部分。对于比较复杂的故障或者断续出现的故障，必须使用更加周密的检查方法。第十二章将专门介绍这些难以查寻故障的检查方法。

第六章　电子游戏机的伴音技术

伴音效果对电子游戏机来说也是非常重要的。电子游戏附加伴音可以提高人们的游戏激情和真实感，从而提高人们对游戏的兴趣，最大限度地发挥电子游戏的效果。

大多数声音都是很复杂的，它往往由谐音（正弦波）和噪音两种分量组成。这样，至少从原理上可以这样说，将一个正弦波或一组正弦波与一个具体的随机噪声相组合就可以合成出任何一种声音，诸如乐器声音、讲话声音或特殊的效果声。图6-1示出了一个典型声音合成器的总体框图。通过对各自信号进行频谱滤波可以将每一分量的相对幅度调节到合适的水平，然后再将所产生的复合波形通过某种典型的包络调制器进行调制就可以获得所要求的具体声音。

这一章分析使用电子技术进行声音合成的一般方法。在讨论如何将这类技术应用到电子游戏机上之前，首先来解释一下是怎样使用这种技术来合成电子音乐的。

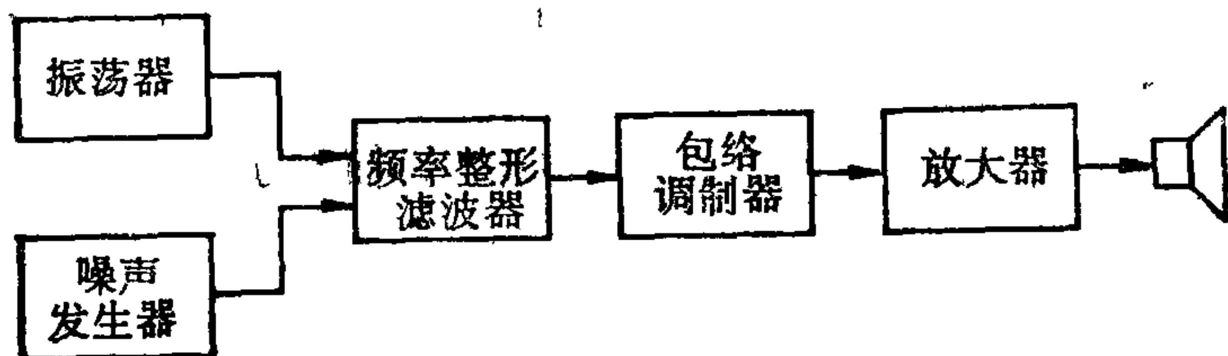


图 6-1　声音合成器框图

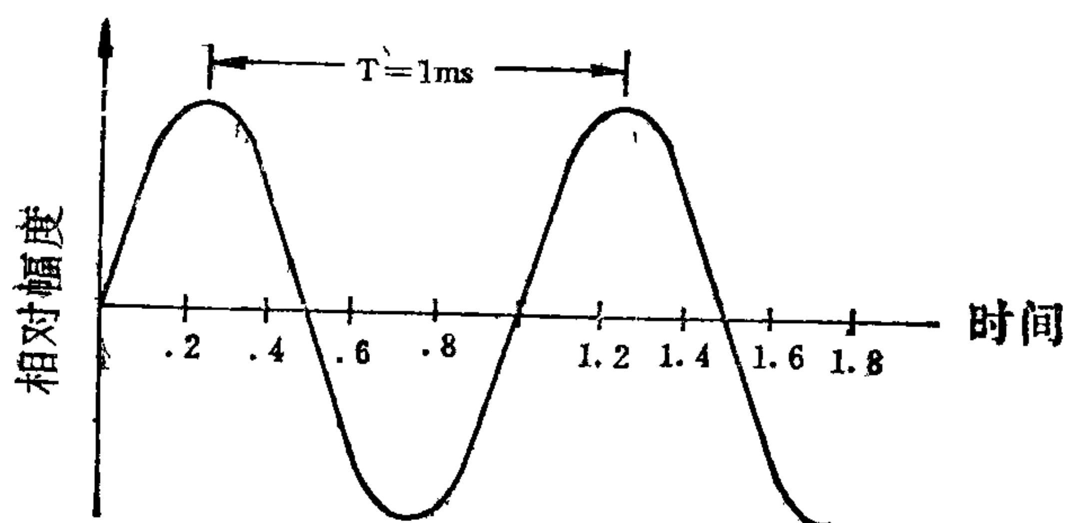
6.1 声音合成技术的一般概念

人类听觉所能觉察的声音信号，其频率范围大约为20 Hz至20kHz。图6-2（a）所示的周期波形是一种1 kHz的正弦波。这种信号实际上在自然界中很少出现。这种声音被人耳感觉为清脆而又清晰，但不太自然。人们所听到的大多数声音要比它复杂得多。也就是说，人们所听到的大多数声音含有多种频率分量及某些随机噪声分量。

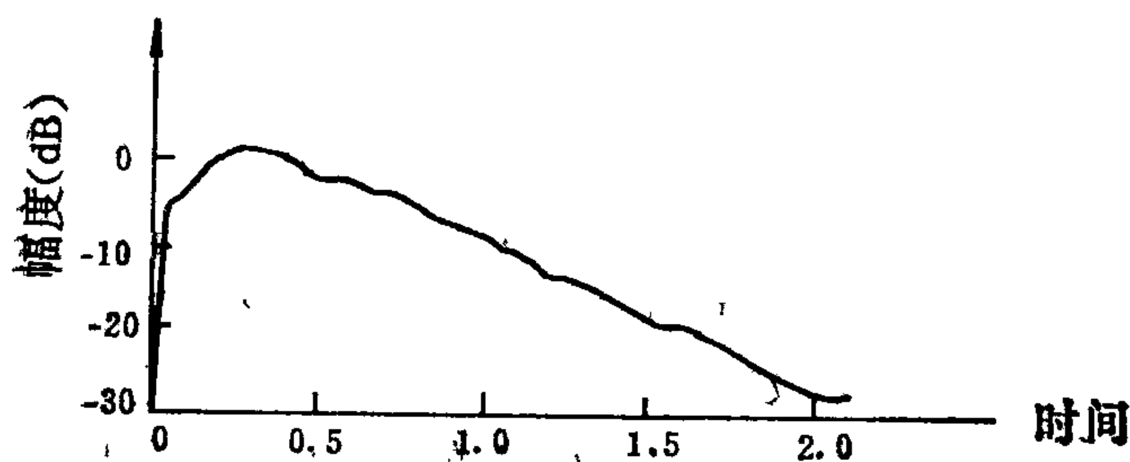
若各类频率分量彼此呈整数倍的关系，则称这些分量为合谐相关。下面我们来分析由4个频率分量所组成的声音波形。其中f_0=1kHz；f_1=2kHz；f_2=3kHz。这里，f_0被称之为基波；f_1被称之为一次谐波；f_2被称之为二次谐波，其它依次类推。当各频率分量彼此之间不是整数倍关系时，则称之为非合谐信号。

一般来说，在乐器和其它音响设备中，声音分量的产生与声源的大小和形状有关。下面我们来分析一下弹奏吉他时所产生的声音〔如图6-2（b）所示〕。吉他弦振动的频率直接与弦的长度、粗细及松紧度有关。此外，所产生波形的具体形状（包括音响谐波分量的幅度）还与弹弦的位置密切有关。但是，弹弦的位置并不影响频率分量的是否存在，而只影响各分量所处的地位。

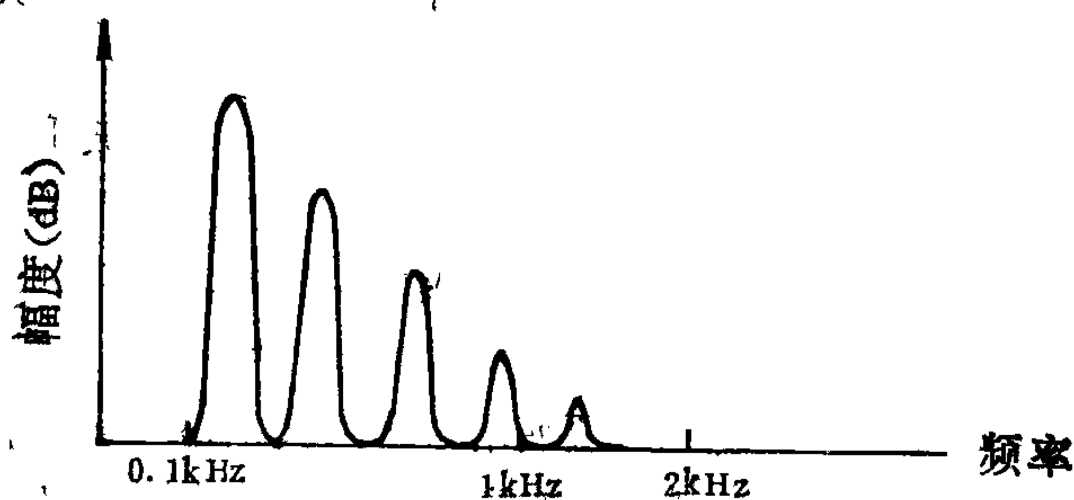
非乐音声源也存在着类似的情况。下面来分析螺旋桨飞机所产生的声音频谱特性〔如图6-2（c）所示〕。这种声源所发出的基频主要取决于发动机转速的大小和螺旋桨叶片数量的多少。但是，其声波的谐音分量取决于螺旋桨切割气



(a)



(b)



(c)

(a) 1 kHz正弦波信号(b)吉他弦产生的音频信号 (t=0时释放)(c)螺旋桨飞机声音的频谱特性

图 6-2 声音信号源实例

流时所产生声压波形的具体形状。当然，它还与螺旋桨螺距的大小、叶片的总体形状以及飞机飞行所通过空气的音响特性等因素有关。

总而言之，声源所发射出的声音都是十分复杂的，虽然设计一种能发出一种具体声音效果的电路并不太困难，但要研制一种通用的声音合成系统就不那么简单了。

为了更深入地理解怎样才能实现这样一种设计，首先来研究一下复杂声波的频谱特性，看一看怎样才能用若干个正弦波叠加成一个复杂的非正弦波。换句话说，这就意味着任意一种复杂的周期性波形都可以通过将一个具有同一基频的正弦波与一合适基频的谐波叠加而成。当然，每一个信号分量必须具有一定的幅度，并且与基频之间有着一定的相位关系，这样才能精确地再现原始波形。这组正弦分量被称之为原始波形的傅立叶级数。图6-3示出了几个普通波形的频谱特性（傅立叶级数分量）。应注意的是，由于高次谐波的幅度下降得比较快，所以原始波形可以通过将基频与前几次谐波进行组合来实现。图6-4示出了一个方波的波形构成过程。

由上所知，从原理上讲，至少是对于周期性波形来说，通过将一系列正弦波振荡器、移相器、幅度定标器等进行简单的互连就可以实现一个声音合成器。显然，这种方法并不简单。特别是想要改变所产生信号的音调时就更加难以实现了。要实现这一目的，必须使用某种形式的电压控制振荡器（VCO），从而将控制电压加到每一个正弦波振荡器上。这样，就可以移动总体波形的音调了。当然，要同步移动基频和每个谐波会带来严重的跟踪误差问题，尤其人耳对这种误差特别敏感，所以这种方法也是很难实现的。

人们经常采用的方法是使用一种能产生几种不同输出波形的电压控制主振荡器。这些信号的傅立叶级数分量用作基

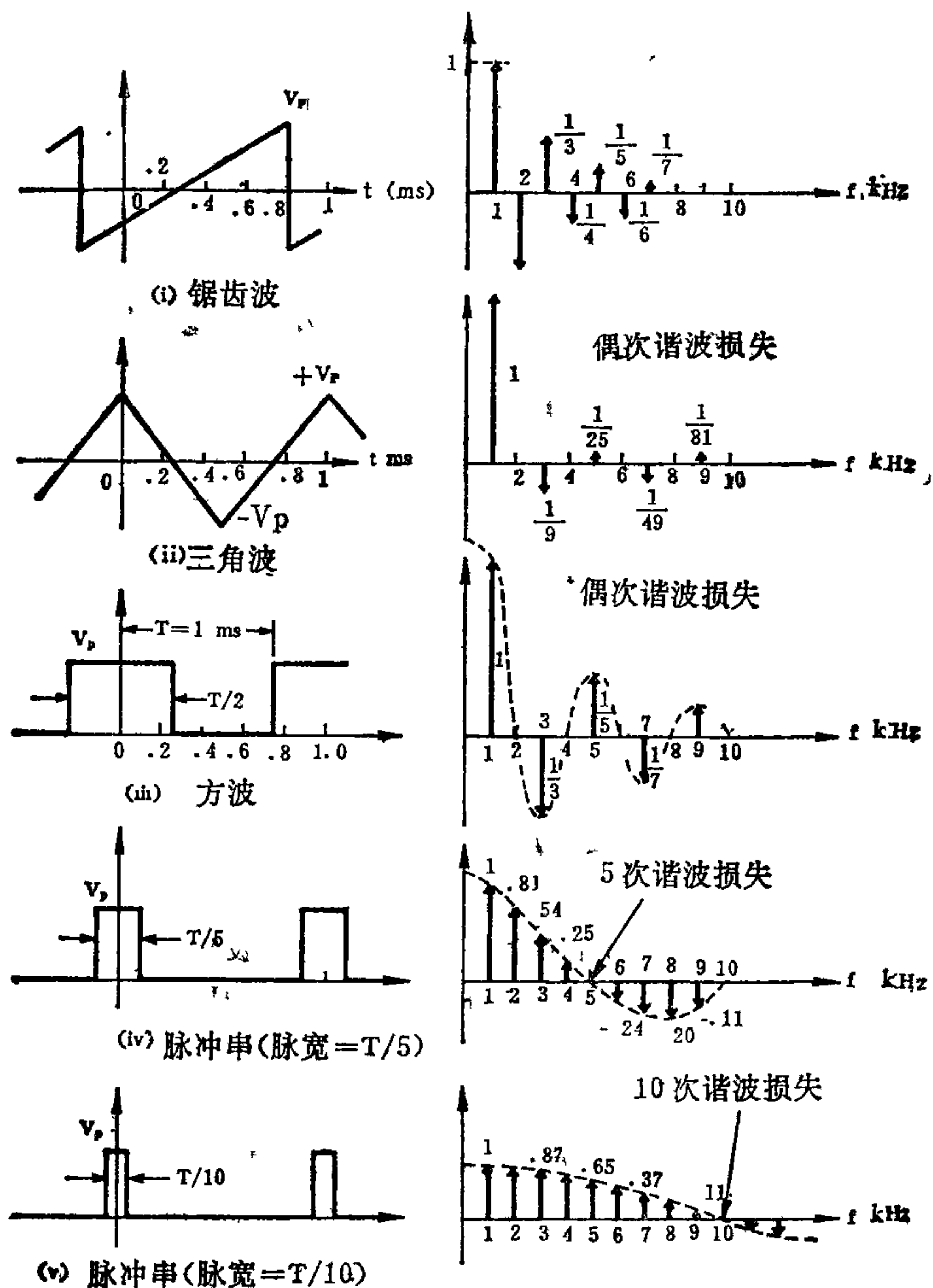


图 6-3 一些较普通的周期性波形的傅立叶分量

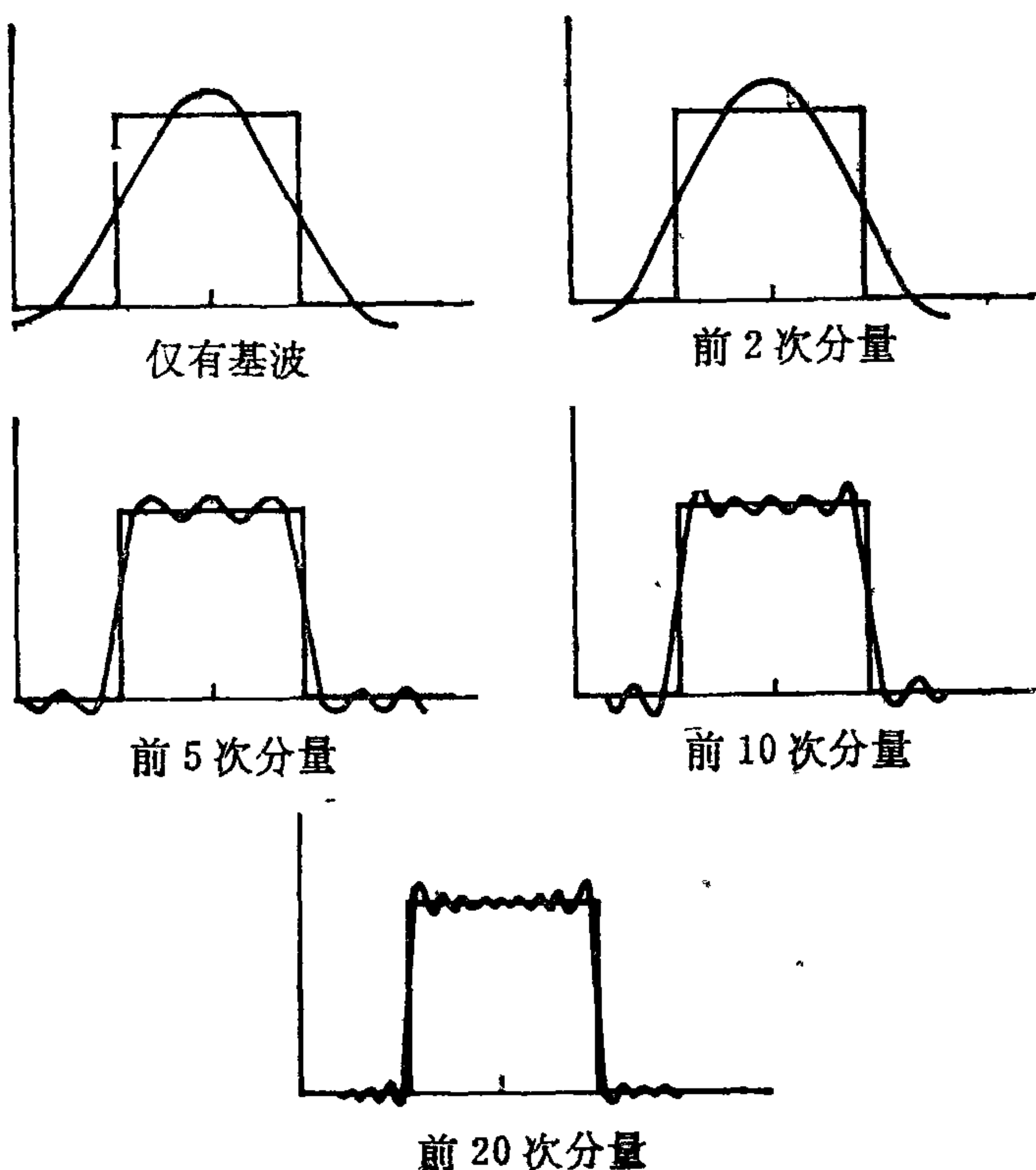


图 6-4　由傅立叶级数分量来构成的波形

波分量和所需要的各种谐波分量以产生所需要的声音。进行适当地滤波并将这些标准波形进行组合，就可以与任意一种具体声音的频谱特性进行精确地匹配了，如图6-5所示。这样，要改变这一系统所产生波形的音调，只需改变一个电压控制振荡器的电压即可。于是，自动地移动基波和所有谐波波形的频率就保证了所有频率分量的最佳跟踪，即使基频发生漂移也可以保持频谱特性的总体形状。

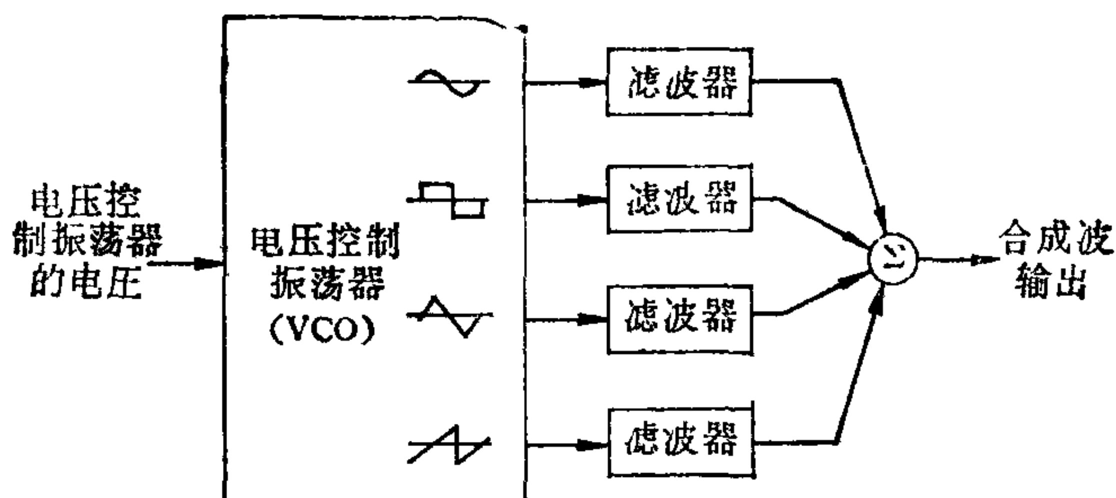
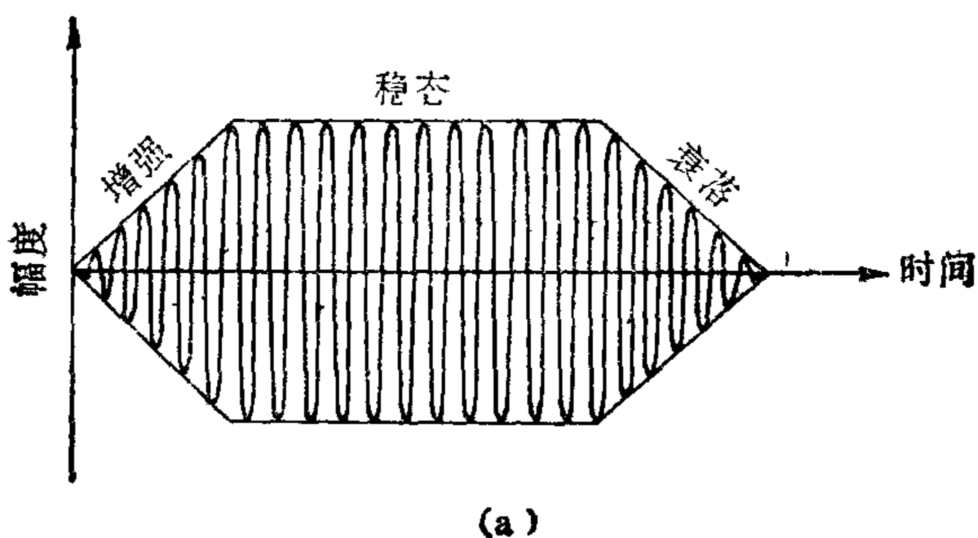
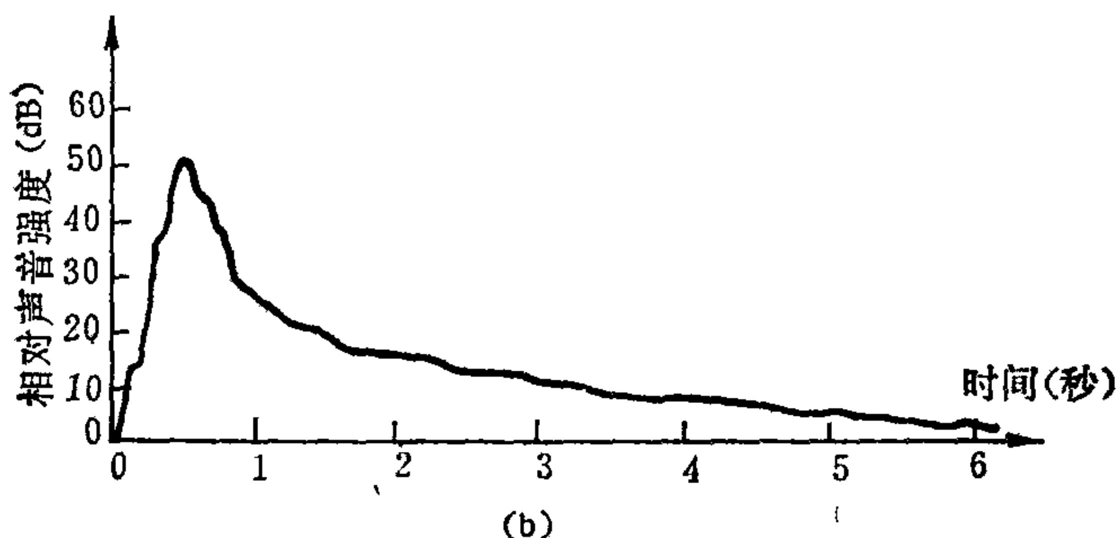


图 6-5　一种采用纯傅立叶级数方法的声音合成器

当然，一种声音的频谱特性并不是其唯一的可区分特性。两种音响信号可以有非常相似的频率分量。但是，如果两个波形的时间进程不同，那么所发出的声响也就完全不同了。在进行不同声音的包络比较中，一般将包络划分成3个不同的时间区，我们称之为波形的增强、持续（或稳态）和衰落〔图6-6（a）〕。如图6-6（b）所示，在钢琴上按动一个琴键所发出的声音可以用一个快速增强、持续很短及比较长时间的衰落来表征。吉他也存在着类似的情况〔如图6-2(b)所示〕，只不过其增强和衰落的时间略短一些。但是，如果把这些声音的波形与长笛或风琴进行比较，那么我们会发现，即使它们的频谱形状比较接近，但是其包络特性却是明显不同的。后两种乐器的特征是持续时间（或稳定状态）比较长。对于长笛来说，主要取决于演奏者的呼吸保持力。对于风琴来说，主要取决于琴键被按下时间的长短。很明显，后两种乐器所产生的声音虽然具有某些相似性，但是也存在着显著的差别。这样，在研制一部合成器时，一定要注意所产生声音的频谱和瞬时特性。根据这一点，一部通用的声音





(a) 简单的线性波形包络 (b) 钢琴所产生声音的波形

图 6-6

合成器应该包括以下5个部分：

1．一个或多个能产生多种波形的电压控制振荡器（一般需要能产生正弦波、三角波和方波，但脉冲、锯齿波和斜波也很有用）。

2．一个白噪声源。

3．能够修改输入波形频谱特性的滤波电路。

4．能够修改波形瞬时特性的包络整形电路。

5．一个可以产生所有合适电控信号的控制器电路。

下面介绍构成这种通用声音合成器系统的每一方框的具

体电路。

6.2 产生各种声音效果的具体电路

几乎每种声音合成器都要用到电压控制振荡器的波形发生器。十多年以前，这种电路结构尚难以实现。但是，今天这种电路完全可以在单块集成电路上实现，其价格仅在5美元以下。这类集成电路的一个实例就是美国英特西尔公司制造的8038波形发生器，其内部电路总体框图如图6-7所示。

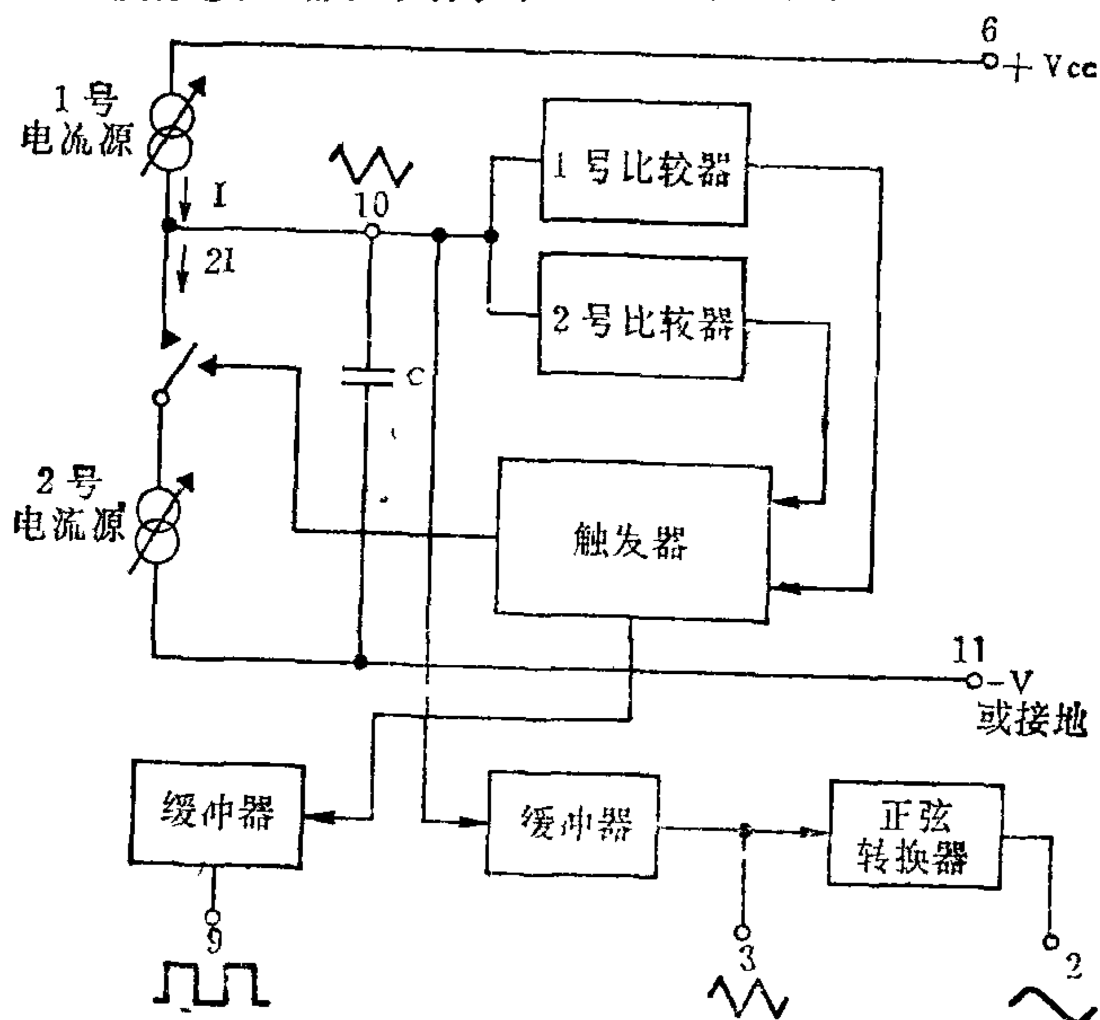


图 6-7 英特西尔8038波形发生器框图

为了理解典型电压控制振荡器的原理，先分析一下这类电路中最简单的一种，即3块集成电路的形式，如图6-8(a)

所示。这里，IC_1的功能尤如一个缓冲器或电压跟随器。IC_3的功能尤如施密特触发器或电平检测器。若$R_3=2R_4=10k\Omega$，则后一电路具有如图6-8（b）所示形式的滞后特性。当施密特触发器的输入V_2为足够的正值时，则其输出V_3即固定在正10V上，并且一直保持该值，直至其输入V_2降到－5V以下为止。之后，则其输出立即降为－10V，但也保持在该值上，直至V_2再次超过＋5V为止。

美国国家半导体公司生产的一种运算放大器IC_2，即LM3900，是一种被称之为电路差分放大器的新型器件。常规放大器是放大两个输入端子之间的电位差，而这种部件是放大电流差。这种放大器的等效电路如图6-8（d）所示。这样，在图（a）所给定的函数发生器电路中，IC_2的作用是将电流I_2和I_1的电流差进行积分。

当V_3为正时，Q_1导通，将IC_2上的非反向输入端子（V_b）接地，并将I_2'分流接地。这时，$I_1'=I_2=0$。IC_2的性能如同一个可以产生斜波输出的常规微分电路，其斜波输出值由下式给定：

$$V_2=\frac{1}{C}\int I_f dt=-\frac{1}{C}\int I_1 dt=-\frac{1}{C}\int\frac{V_{in}}{R_1}dt=-\frac{V_{in}t}{R_1C}$$

这样，输出是呈线性下降的。当V_2达到－5V时，施密特触发器翻转，其输出V_3变为－10V。这时，Q_1截止，电流I_2'进入电流差分运算放大器的非反向输入端。由于$I_2=I_2'=V_{in}/R_2$，而且$I_1'=I_2$，所以流经电容器的反馈电流I_f可由下式给定：

$$I_f=I_1'-I_1=I_2-I_1$$

这样，输出电压V_2即开始按下式增长，

$$V_2=\frac{1}{C}\int(I_2-I_1)dt=\frac{1}{C}\int\left(\frac{V_{in}}{R_2}-\frac{V_{in}}{R_1}\right)dt$$

$$=\frac{1}{C}\left(\frac{R_1-R_2}{R_1\cdot R_2}\right)V_{in}t$$

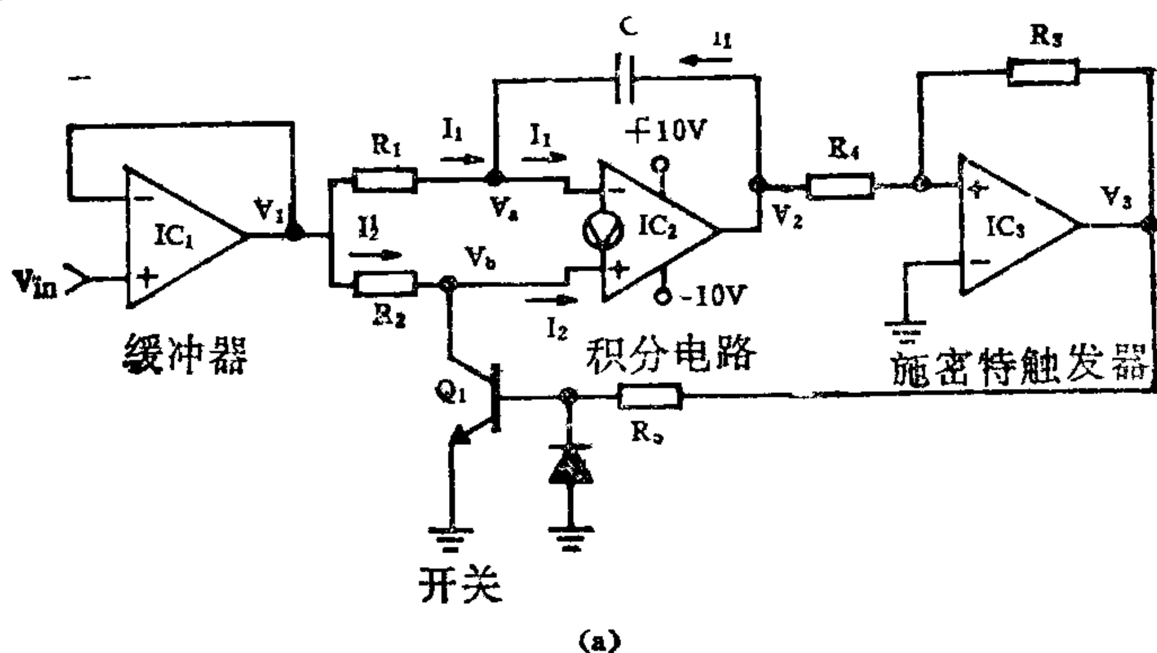
在特殊情况下，例如$R_2=1/2R_1$，则V_2是一个上升的斜波，其斜率与以前相同，可由下式给出：

$$V_2=\frac{V_{in}t}{2R_2C}=\frac{V_{in}t}{R_1C}$$

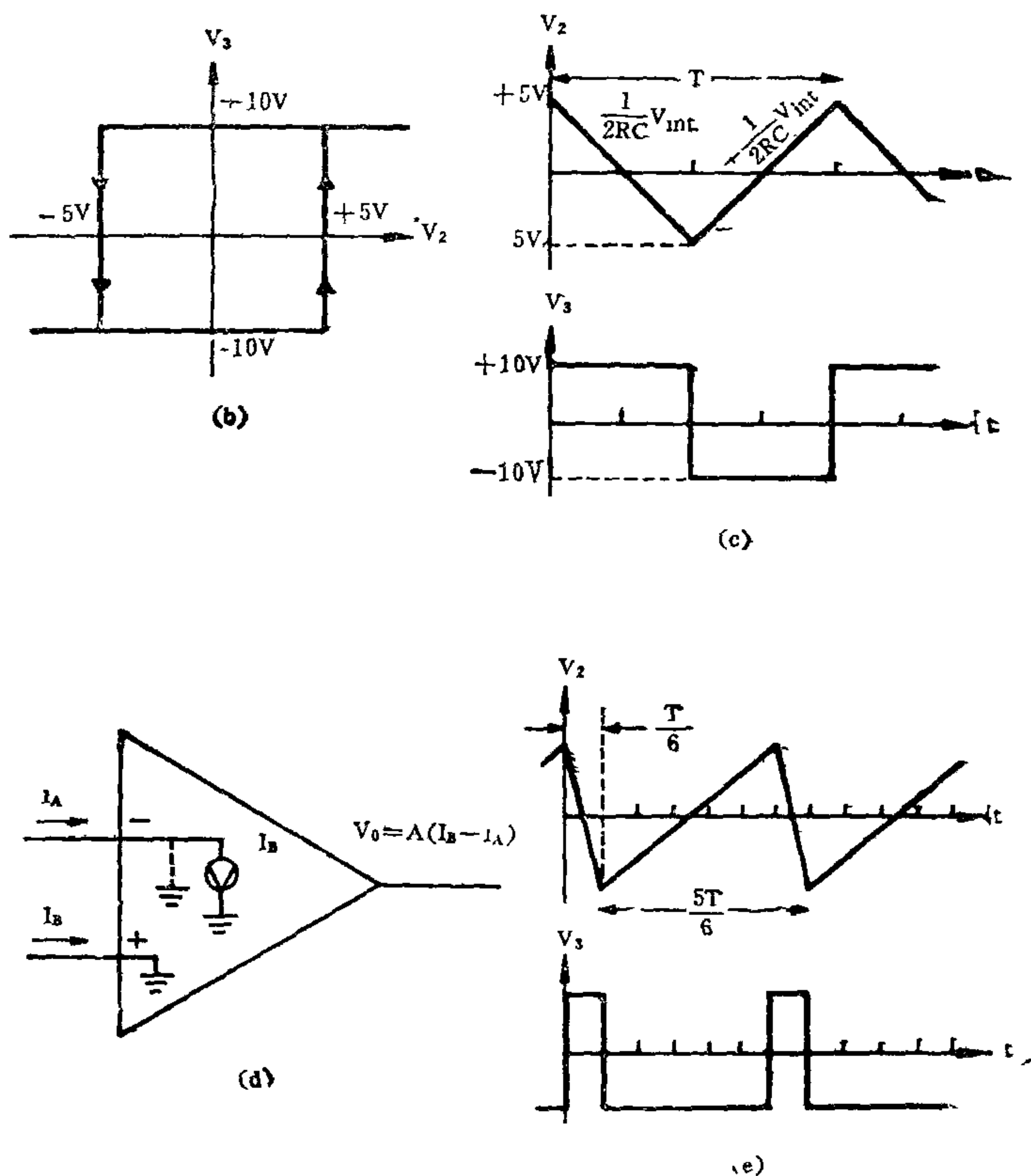
这种情况下的输出波形将是一种对称的三角波和方波，其频率是：

$$f=\frac{V_{in}}{20R_1C}$$

应注意的是，输出频率与所加的输入控制电压V_{in}成正比。这样，可用该电路作为电压控制振荡器。当然，这种电路只能产生方波和三角波。如果再加上一个简单的晶体管波形整形电路，那么还可以用来产生正弦波。此外，变化一下R_1与R_2的比值，也可以产生斜波和脉冲波形。还有一种特例，当$R_2=5/6R_1$时，其波形如图6-8（e）所示。



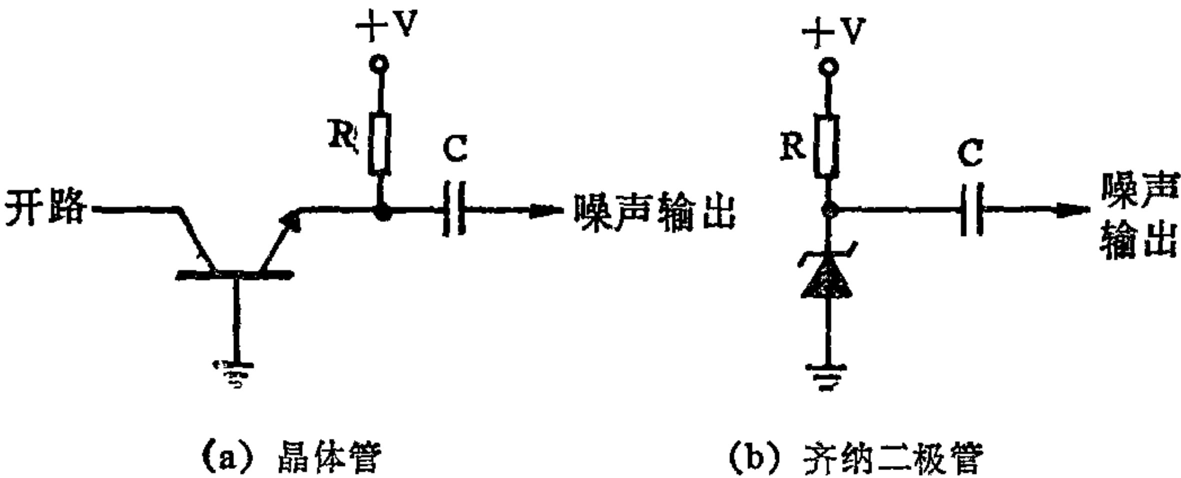
(a)



(a) 一种3块集成电路形式的电压控制振荡器，(b) 施密特触发器IC_3的磁滞回线，(c)$R_2=\frac{1}{2}R_1$时电压控制振荡器波形 (d)电流差分放大器的等效电路，(e)$R_2=\frac{5}{6}R_1$时电压控制振荡器所产生的斜波和脉冲波形

图 6-8

另一种为产生特殊伴音效果并经常使用的音响信号源是所谓的白噪声源。这种信号源具有均匀平缓的输出频谱。称它为白噪声是基于这样一个事实，即像“白光”一样，频谱也是由所有的频率分量组成。宽带白噪声通过放大并送到扬声器后可以产生人们所熟悉的嘶嘶声。若对其进行适当的滤波并对其幅度特性进行控制，则可用它来合成浪花拍岸声、喷气飞机声、雷声及各种类型的爆炸声。图6-9示出了用来产生随机噪声信号的两种电路。在左边的电路中，晶体

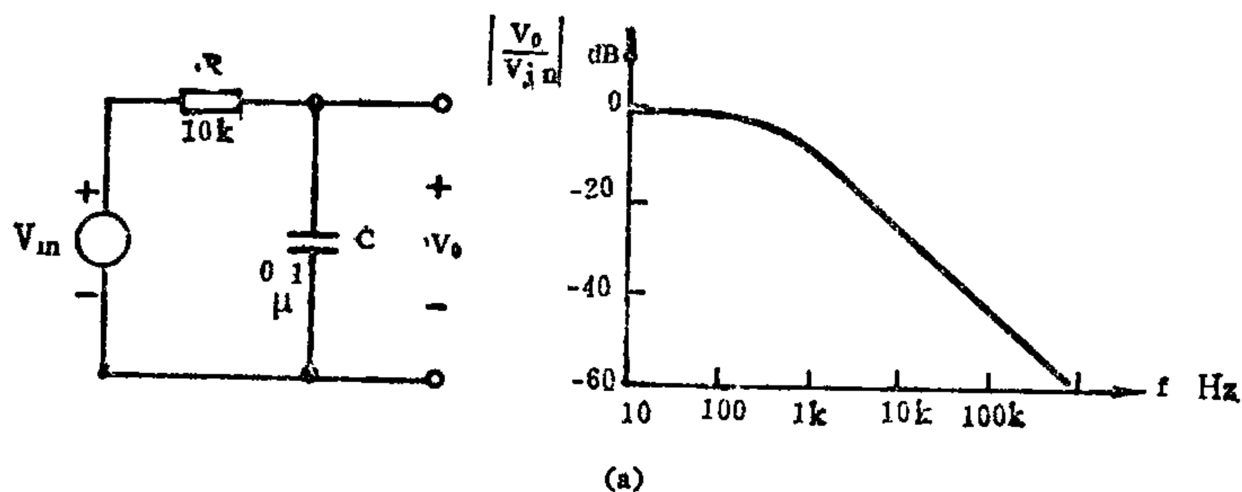


(a) 晶体管　　(b) 齐纳二极管

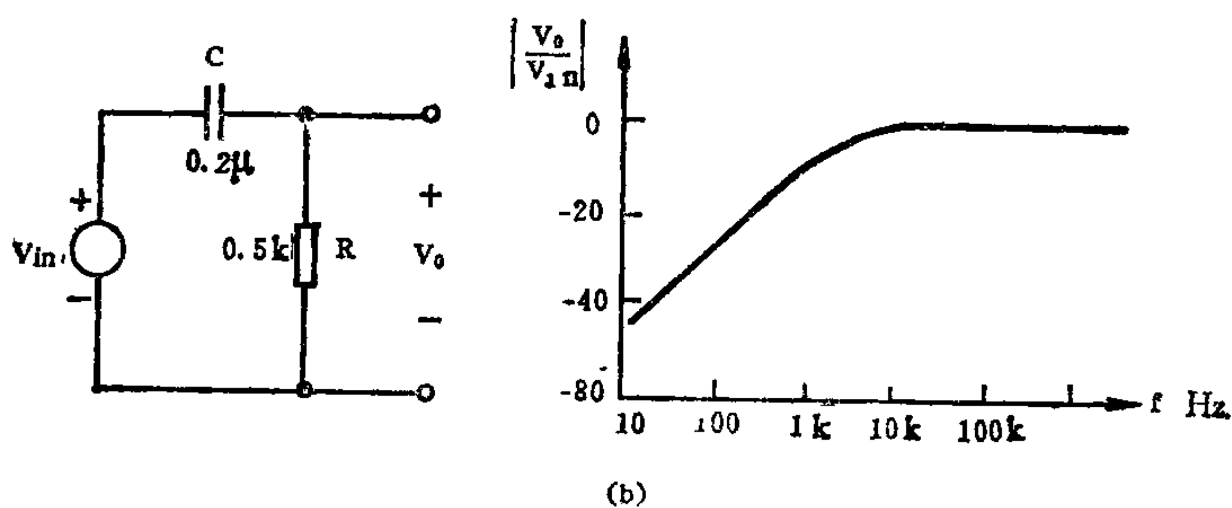
图 6-9　白噪声源

管Q_1的基极-发射极结为反向偏置，使晶体管工作在雪崩击穿区。其电流具有类似射击的白噪声特性。这些随机电流脉冲可以产生白噪声源所具有的均匀平缓的频谱特性。将图6-9（b）所示的齐纳二极管的工作点置于齐纳特性的“拐点”处，也可获得类似的随机白噪声。这两种情况下所产生的白噪声电平都非常低，所以需要进行放大。

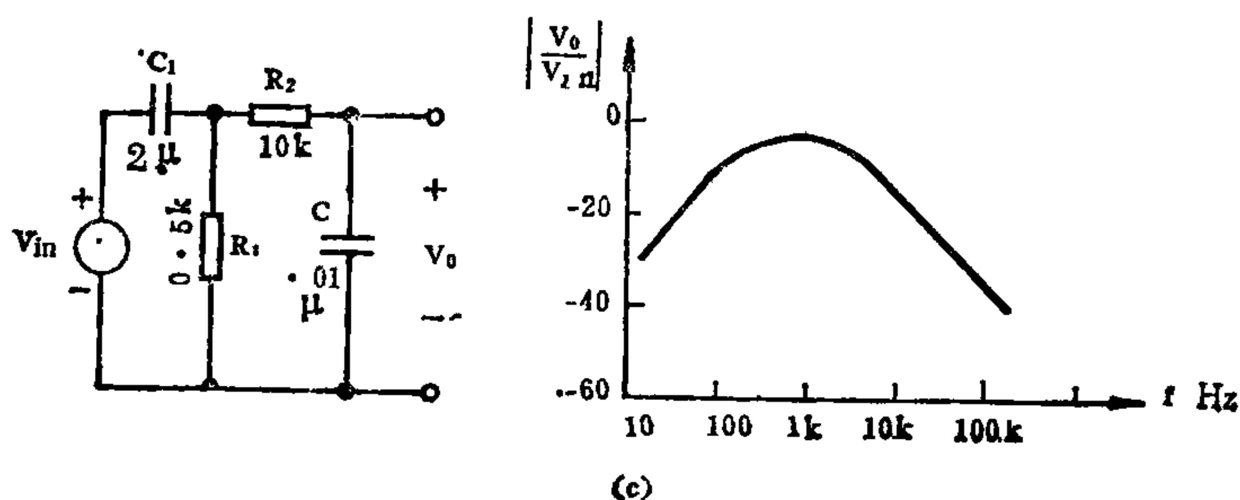
一旦产生了基本信号，则需要使用滤波器，将信号的频谱特性整理成适当的形式。应用于音响效果的滤波器主要有3种。即低通滤波器、高通滤波器和带通滤波器。图6-10对每种类型的滤波器分别示出了一个简例以及各自的频谱特性。



(a)



(b)

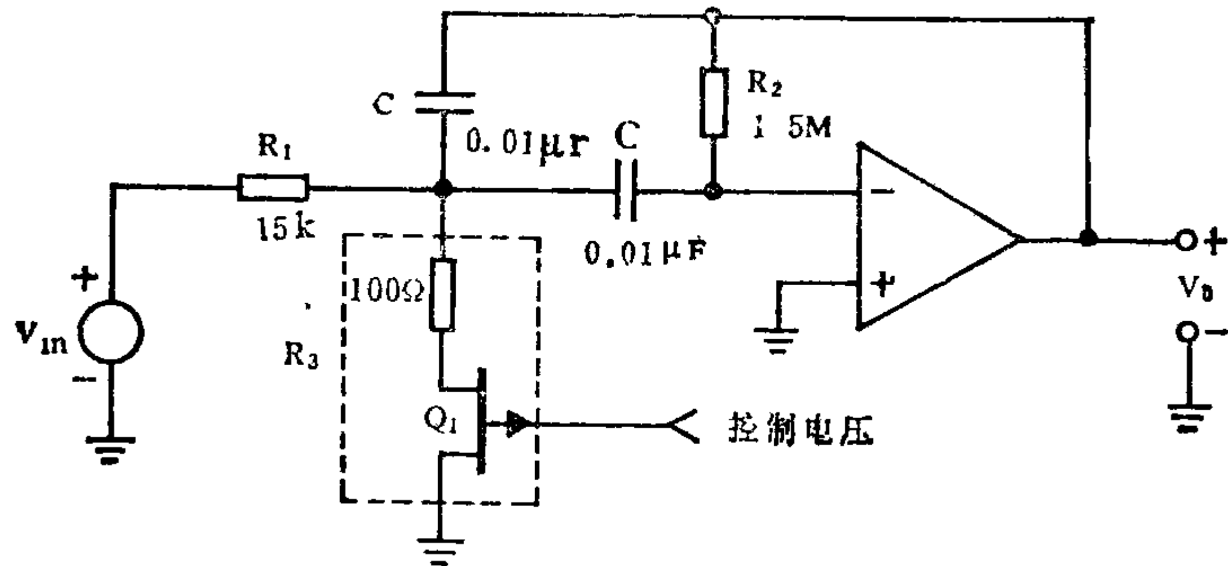


(c)

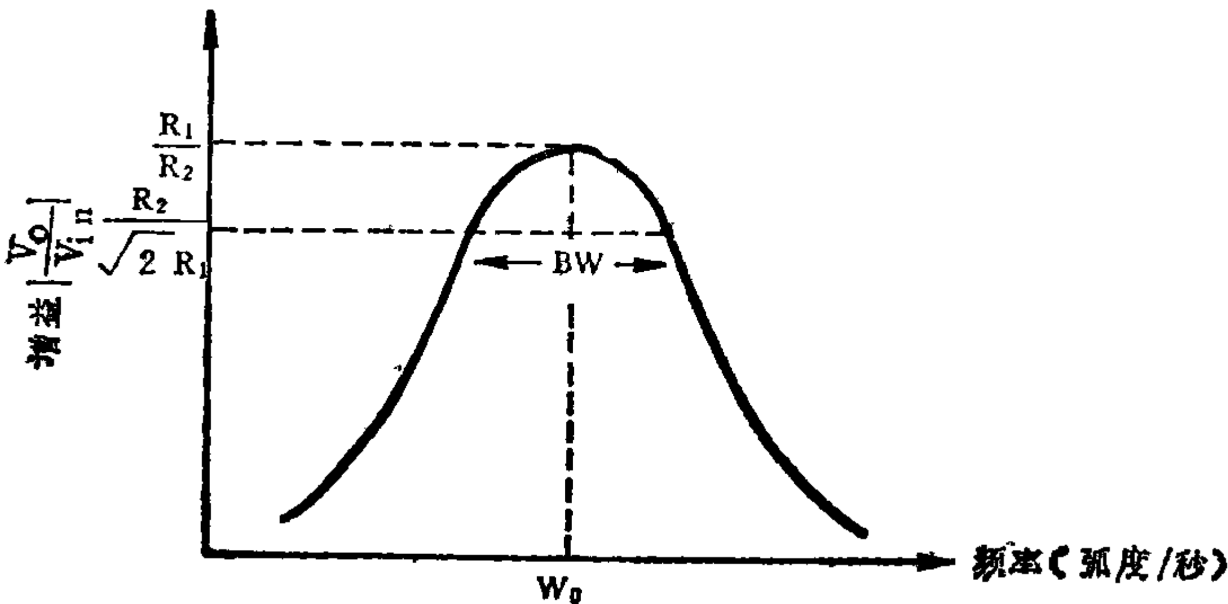
(a) 低通　(b) 高通　(c) 带通

图 6-10　可以产生电子音响效果的各种主要类型的滤波器

图中所示的滤波器均为无源、固定元件的电路。它们不能对输入信号进行放大，且不更换元件也不能改变其频谱特性。但是，要产生复杂的音响效果，往往需要随着时间的变化来改变滤波器的带通特性。当然，这可由接入不同的滤波器来实现。但更经济的办法是研制一种电压控制滤波器，图6-11



(a)



(b)

(a) 电路图　　(b) 滤波器的频率响应

图 6-11　电压控制带通滤波器

示出了电压控制带通滤波器的电路。

这种电路实际上是一种带通放大器，其中心频率f_0可由场效应管Q_1的等效电阻R_3来决定。由于场效应管的电阻是随着控制电压的变化而改变，所以可用该电压来改变滤波器的带通特性。该滤波器的输出可由下式给出：

$$\left|\frac{V_o}{V_{in}}\right|=-\frac{\omega/R_1C}{\sqrt{(\omega_0^2-\omega^2)^2+\left(\frac{2\omega}{R_2C}\right)^2}}$$

其中ω为输入信号频率

ω_0为滤波器的中心频率$=\dfrac{1}{\sqrt{R_2R_P}\cdot C}$

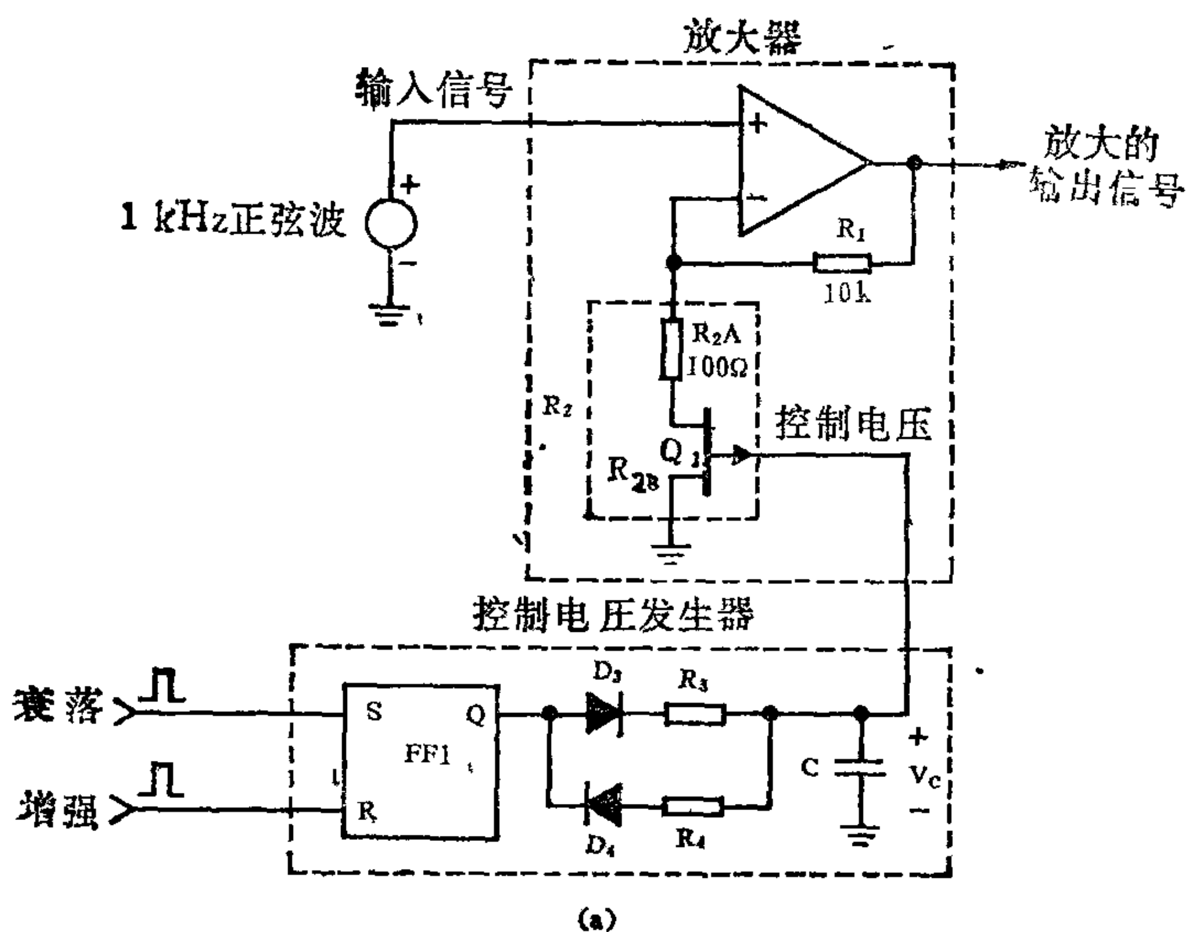
$$R_P=\frac{R_1R_3}{R_1+R_3}$$

应注意的是，在中心频率（$\omega=\omega_0$）处，滤波器增益为$-R_2/2R_1=-50$。另外，滤波器的带宽为：

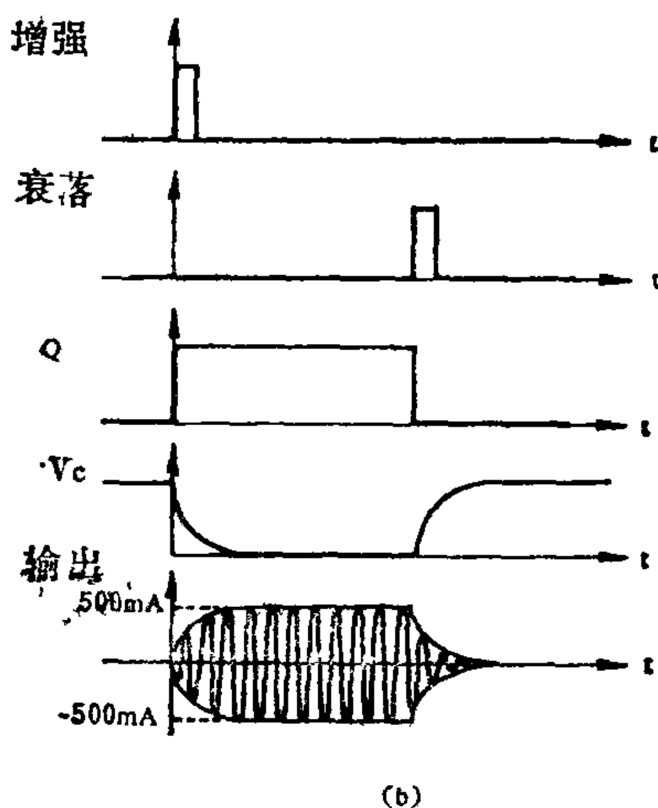
$$B\omega=\frac{2}{R_2C}$$

由于它与R_3无关，所以带宽固定在212Hz上。然而，与R_3有关的中心频率的变化范围很大。当控制电压为＋5V时，假设Q_1截止（$R_3=\infty$，$R_P=15k\Omega$），滤波器中心频率为1.06kHz。当控制电压为0时，场效应管将被强制导通，电阻值为100Ω，这就会使滤波器的中心频率大约上移9.2kHz。这样，随着控制电压从0V变为5V，滤波器的中心频率会在1至9kHz之间来回摆动，而其幅度和带宽则分别保持在50和200Hz上。

还可以用另一种类似的电路来构成电压控制放大器，如



(a)



(b)

图 6-12　电压控制放大器

图6-12所示。为了理解其工作原理，可以假定RS触发器 FF_1 开始是置位的（Q=1）。这样，控制电压 V_C 为高电平（+5V），所以P沟通场效应管 Q_1 是截止的。对于这种情况，放大器的增益为 $1+R_1/R_2$，由于 R_2 实际上是无穷大的，所以增益为1。这样，放大器的输出会出现一个幅度为1 mV的正弦波形。

当收到一个上升脉冲时〔见图6-12（b）〕，触发器复位，D_4 导通，电容器 C 放电，放电常数为 $R_4 \cdot C$。在 D_3 反向偏置期间，当控制电压降为0时，场效应管开始导通，并且其电阻也随之下降。在 $V_C=0$ 时，场效应管电阻为100Ω，放大器增益（$1+R_1/R_2$）大约为500。这时，放大器会保持其500mV的放大输出信号，直至场效应管恢复其截止状态为止。为了启动周期的衰落部分，主控制器电路（图中未示出）会产生一个衰落脉冲。它可以用来使触发器置位。当Q变为高电平时，D_3 导通。这样，控制电压 V_C 会按照时间常数 R_3C 上升。这当然会使场效应管截止，使放大器恢复到低增益或截止状态。应注意的是，由于控制电压的上升和下降时间常数并不相同，所以波形的上升和下降时间可通过分别调节 R_3 和 R_4 来进行控制。此外，延续期可由增强和衰落脉冲之间的间隔来决定。

6.3 电子游戏机产生特殊音响效果的方法

目前，电视游戏机所采用的伴音，除第八章所讨论的乒乓球拍与墙壁碰撞声以外，几乎均属于战斗音响，不是射击声，就是杀敌声。具体画面不是人与人格斗，就是进行飞

机、战船、潜艇或宇宙大战等。下面讨论游戏机产生①大炮②喷气式飞机③飞碟④螺旋桨飞机4种声音效果和技术。

在每种情况下都要根据所模拟声音的频谱和瞬时特性来解释其电路的工作原理。

在电视游戏机中，最常使用的是武器射击和炸弹爆炸时的声响。略加修改其频谱特性以后，完全可以使用图6-14所示电路来合成大炮、机枪和其它大型杀伤武器射击时所发出的声响。

大炮声响实际上是由一种脉冲，或者是一种延续时间比较短的高声压音响信号来产生的。其频谱特性类似于图6-3所示的窄脉冲频谱。也就是说，在其接通期间频谱比较宽广。手枪射击时的频谱曲线如图6-13所示。在实际合成大炮声响时，往往可以采用图6-14所示的电路。

在机枪射击时，机械扳机开关 S_1 瞬间闭合（一般为

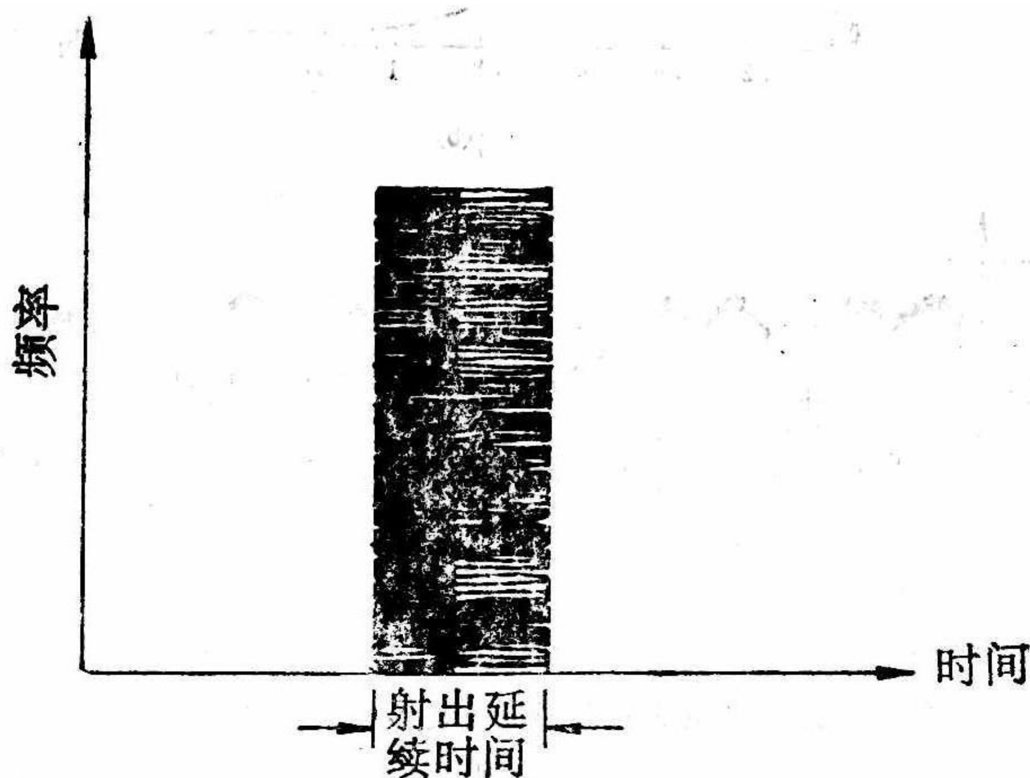
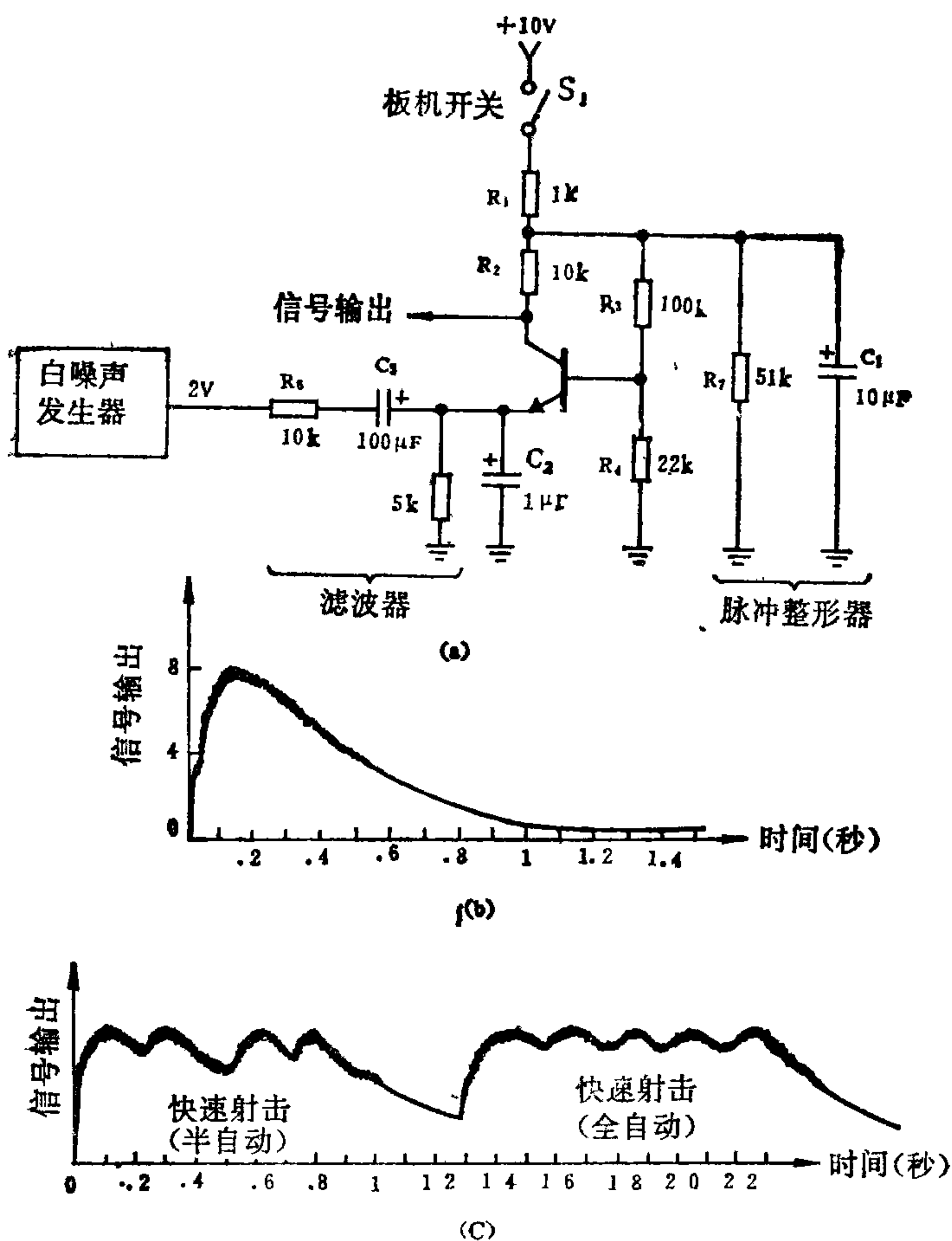


图 6-13　手枪射击时的频谱特性



(a) 炮击音响效果合成器电路　　(b) 75ms扳机信号时炮击电路所产生的复合集电极波形　　(c) 模拟自动武器射击时所产生的输出

图 6-14

75ms），A点的电压将按$R_1 \cdot C_1$乘积时间常数呈指数上升。若采用图中所示元件数值，则时间常数大约为10ms。根据图中所示元件，集电极稳态电流为0.2mA。这样，当A点的电压上升时，集电极电压也将呈指数地向8V上升。

当晶体管进入放大区时，它可以将注入发射极的白噪声信号进行放大。对于这一具体电路，从发射极至集电极的增益大约为1。集电极输出的复合波形如图6-14（b）所示。应注意的是，脉冲的下降要比上升时间慢得多，其时间常数大约为200ms，算式为$[(R_3+R_4) /\!/ R_7] \cdot C_1$。这种大炮声的延迟正好形成了逼真的回响效果。

我们还可以用一个能产生类似于方波的电路来代替单稳态的机械触点开关。这种电路也可以用来模拟自动和半自动武器的射击声响。这两种武器的集电极信号波形如图6-14（c）所示。

对这一电路略加修改，还可以产生大炮的射击和炮弹爆炸声。为此，除了应去掉图6-14（a）电路中电阻器R_7以延长衰落时间以外，还必须在其噪声源的输出上加一个低通滤波器，如图6-15所示，从而可增加噪声信号的低频分量。这

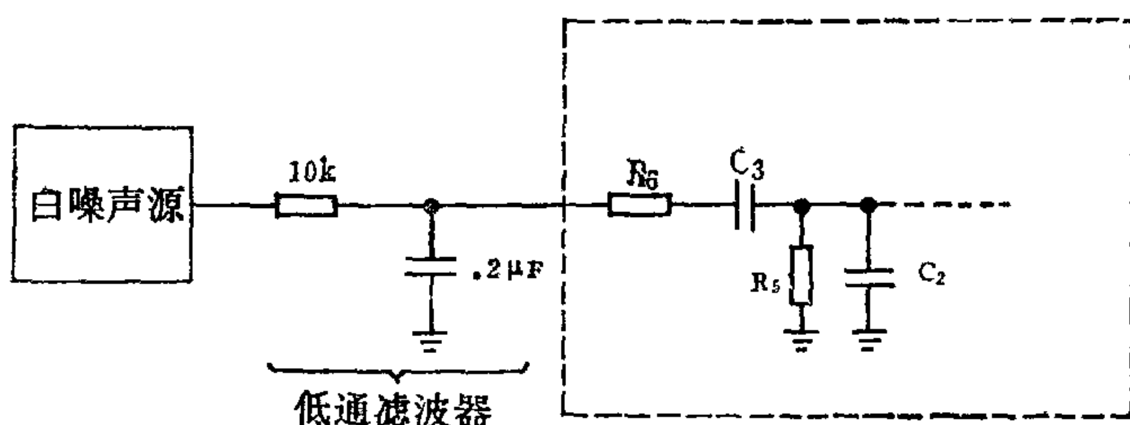


图 6-15 为产生大炮射击声和炮弹爆炸声所做的电路改动

两项电路改动，主要是增加了声音的“轰鸣”效果。

这种电路还可以用来产生另一种完全不同的音响效果，即蒸汽机车的声音。为此，需要将图6-14所示电路中的机械开关旁路，而电源电压可由一个低频方波发生器来提供。对于这种情况，波形的增强和衰落时间常数是相同的。3 Hz的方波可以产生类似于火车刚开出站台时所发出的喷气声。该频率加到10Hz时就可以发出火车按正常速度行驶时的声音了。通过在电压控制振荡器中产生方波信号，可以使火车向给定的速度加速。

许多电视游戏机设有飞机的游戏节目，图6-16示出了典型喷气发动机飞机的声音频谱。应注意的是，当飞机加速

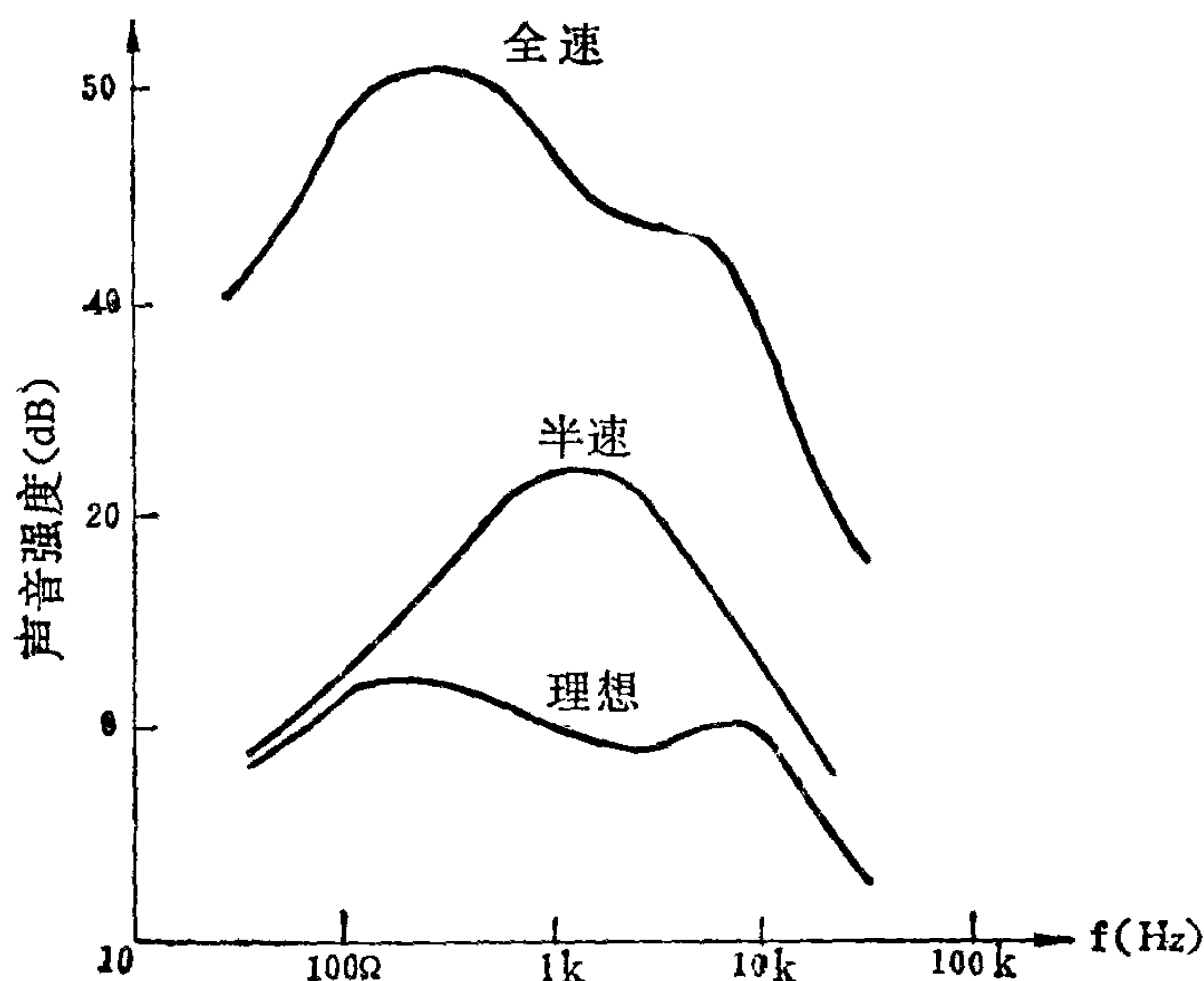
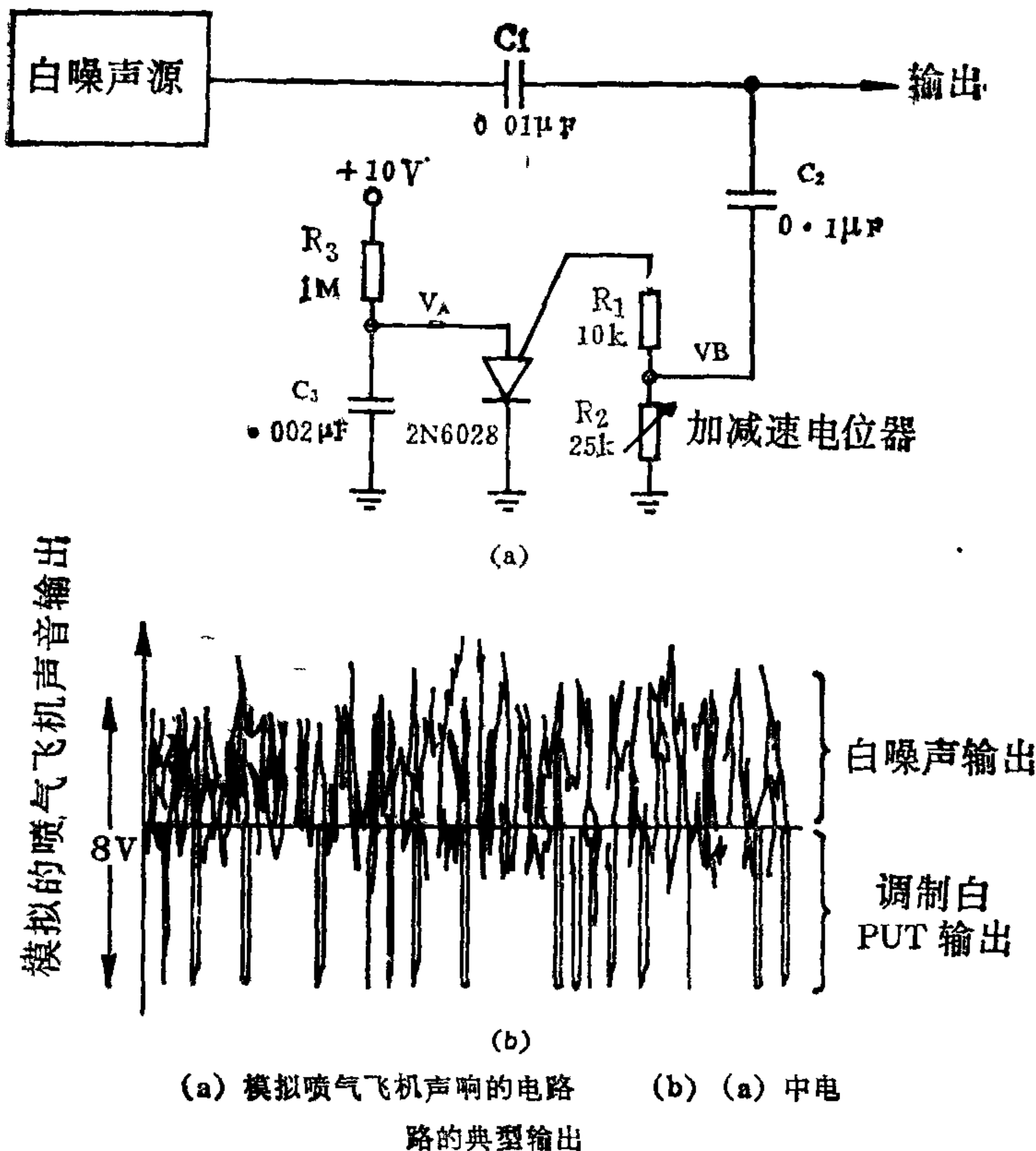


图 6-16 典型喷气式发动机声音频谱

时，所产生的噪声响度也随之增加，其峰值会在100Hz～1kHz的低频区域内变化。另外，还应注意，该频谱的基频比较宽，而且含有许多频谱分量，其中白噪声占有较大的比例。图6-17示出了可以模拟这种喷气式飞机声响的一种电路。



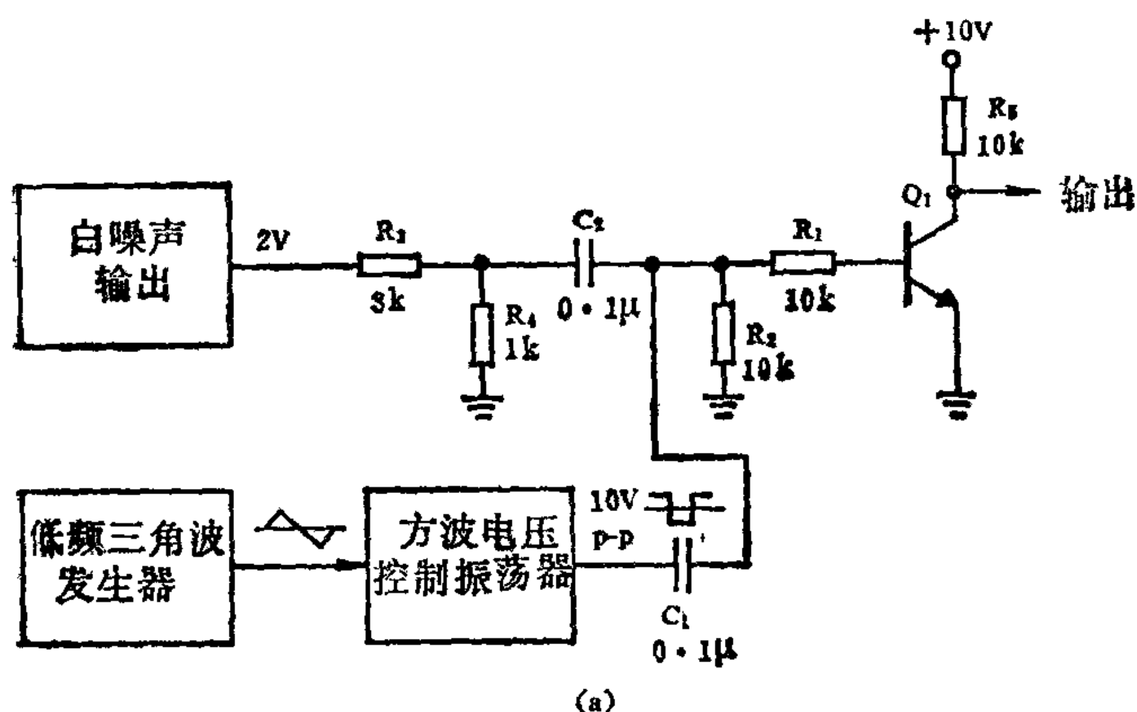
(a) 模拟喷气飞机声响的电路　(b) (a) 中电路的典型输出

图 6-17

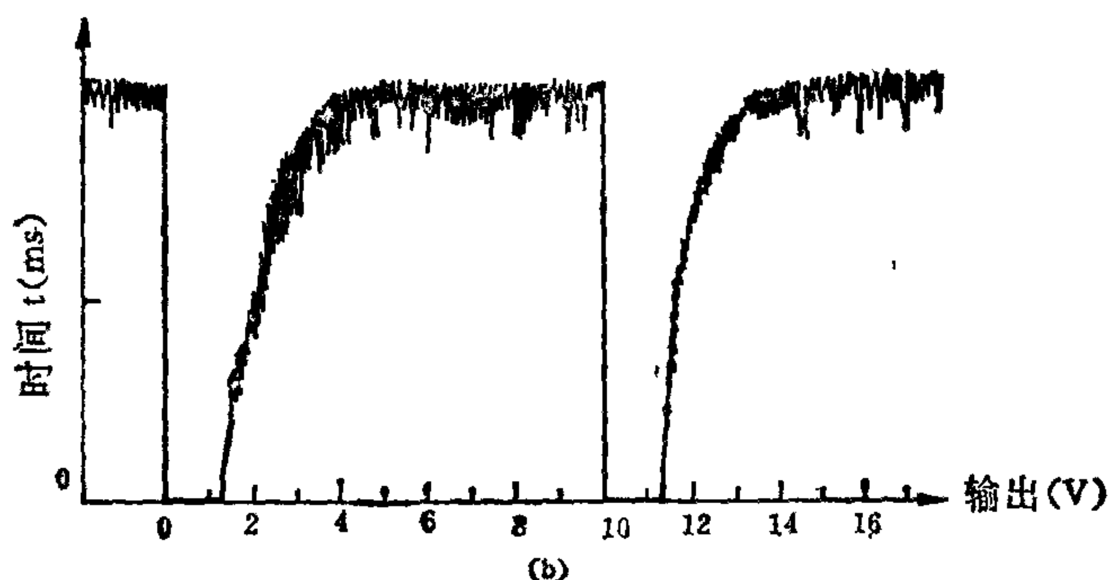
该电路的核心部分是一只程序可控的单结晶体管。这种晶体管实际上是一种晶闸管(SCR硅可控整流器)。当阳极上按指数上升的电压V_A达到由电路中R_1、R_2分压器所决定的结点电压V_b时，管子导通。出现这种情况时，二极管导通，对C_3放电。这一过程会重复进行。在没有白噪声信号时，程序可控单结晶体管的作用如同一个自由运行的振荡器，其频率可以从大约2 kHz下降到300Hz，具体可调节加速和减速电位器R_2。在R_1和R_2的结点加上白噪声信号以后，可以调制单结晶体管的点火电压，并使该振荡器所产生的信号的尖峰脉冲随机化，如图6-17所示。若R_2的值比较小，则这些振荡会位于频谱的高端。它们与噪声源中的白噪声都会发生强烈的衰减。当飞机加速时（也就是R_2增加时），振荡器的频率下降。这时，白噪声和振荡尖峰脉冲的幅度都会显著上升。另外，由R_1、R_2、C_1网络所构成的低通滤波器的截止频率会使输出中白噪声的高频分量产生衰减。这样，所产生的声音频谱非常接近于喷气飞机全速飞行时的声音频谱，如图6-16最上面的曲线所示。

螺旋桨飞机所产生的声响与喷气式飞机的完全不同。螺旋桨飞机的声响主要是由一系列和谐相关的尖峰波组成，如图6-2（c）所示。其基频（已在6.1节讨论过)主要由每秒钟螺旋桨叶片切割空气的次数来决定。谐音的相对幅度取决于叶片的间距和形状，因为叶片影响螺旋桨所产生压力的形成。产生这种声音的一种简单电路如图6-18（a）所示。

当电压控制振荡器的方波输出变为高电平(+10V)时，Q_1立即饱和，使其输出降为0。使用图内所示电路的元件参数，晶体管将维持于饱和状态约为2 ms，直至C_1充电并



(a)



(b)

(a) 模拟螺旋桨飞机发动机声响的电路

(b) (a) 电中路的典型输出

图 6-18

且基极电流降到低于晶体管饱和电流为止。集电极电压在这一点上向＋10V的电源电压值呈指数上升。在这一期间，晶体管工作，其输出上出现一些白噪声。在所产生的声音上再增加一些随机特性，就显得更加逼真了〔图 6-18 (b) 〕。

如果在飞机增加或降低飞行高度或者改变飞行速度时，用一个 1 Hz或 2 Hz的三角波信号来慢慢调制由电压控制的发动机速度振荡器，那就更加逼真了。

最后一例音响效果是一种印象性音响，它可以使人们联想起航天飞船。当然，由于大多数人从来没有见到过除地球以外的另一个行星，也没有见过星外来客，所以只能从早期的科学幻想电影（诸如“地球末日”和“星球大战”影片）中飞碟飞越人们头顶时发出的声响来作为类似激光武器开炮时的声响。使用电子技术很容易实现这些声响。飞碟旋转声可以用调频的正弦波或三角波在300Hz至 2 kHz频率范围内以每秒 8 次的速度进行扫描来实现。这种方法可以产生震耳的哨鸣音，和我们想象的飞碟在头顶上盘旋的声音很相似。为了模拟飞船的激光武器或光子鱼雷的开炮声，可以在开炮期间将电压控制器切换到方波输出上。这种更加刺耳和轰响的声音可以表现出这些武器的开火声。

本章所介绍的声音效果只不过是当今电视游戏机中最常见的几种。将来的游戏机还会出现新的音响效果。而且将来的游戏机越来越智能化，它所产生的音响水平也会越来越高。盲人用的专用数字电压表已经使用了声音合成只读存储器和其它同类集成电路。随着这些器件成本的下降，它们也会应用到游戏机上。随着电子声音合成技术的不断发展，游戏者直接用声音来控制游戏机操作的日子也为期不远了。

第七章　电子游戏节目存储技术

7.1 引　　言

前面几章介绍了电视游戏机常用的微电脑，并介绍了如何通过编制程序来实现电脑游戏机的复杂功能。

这一章主要介绍几种形式的数字存储技术，并详细分析这些技术的优缺点，更重要的是分析各种存储技术所能实现电子游戏的能力。图7-1示出了当前的各种数字存储技术。按照这些技术应用范围的不同，彼此的作用也不尽相同。

一般来说，微电脑的存储器可以分为两大类，即只读存储器（ROM）和读写存储器（RWM）。对于只读存储器，数字信息是永久存放的。这样，即使关掉电源也不致于引起信息丢失。这一特性被称之为非易失性。对于存放固定的程序、子程序以及查表和字符发生程序等应用，只读存储器是非常适用的。有些只读存储器，特别是电可擦抹可编程序只读存储器（EPROM）和电可改写只读存储器（EAROM）允许内部所存的信息可以变化。实际上，一种新型的主读存储器(RMM)用作这种部件是比较适合的。但是，就目前的技术水平来说，虽然ROM不太精确，但还是保留下来了。

有了RWM部件，存储器的内容在同等条件下既可以被检测（读出），也可以发生变化（读入）。在诸如移位寄存

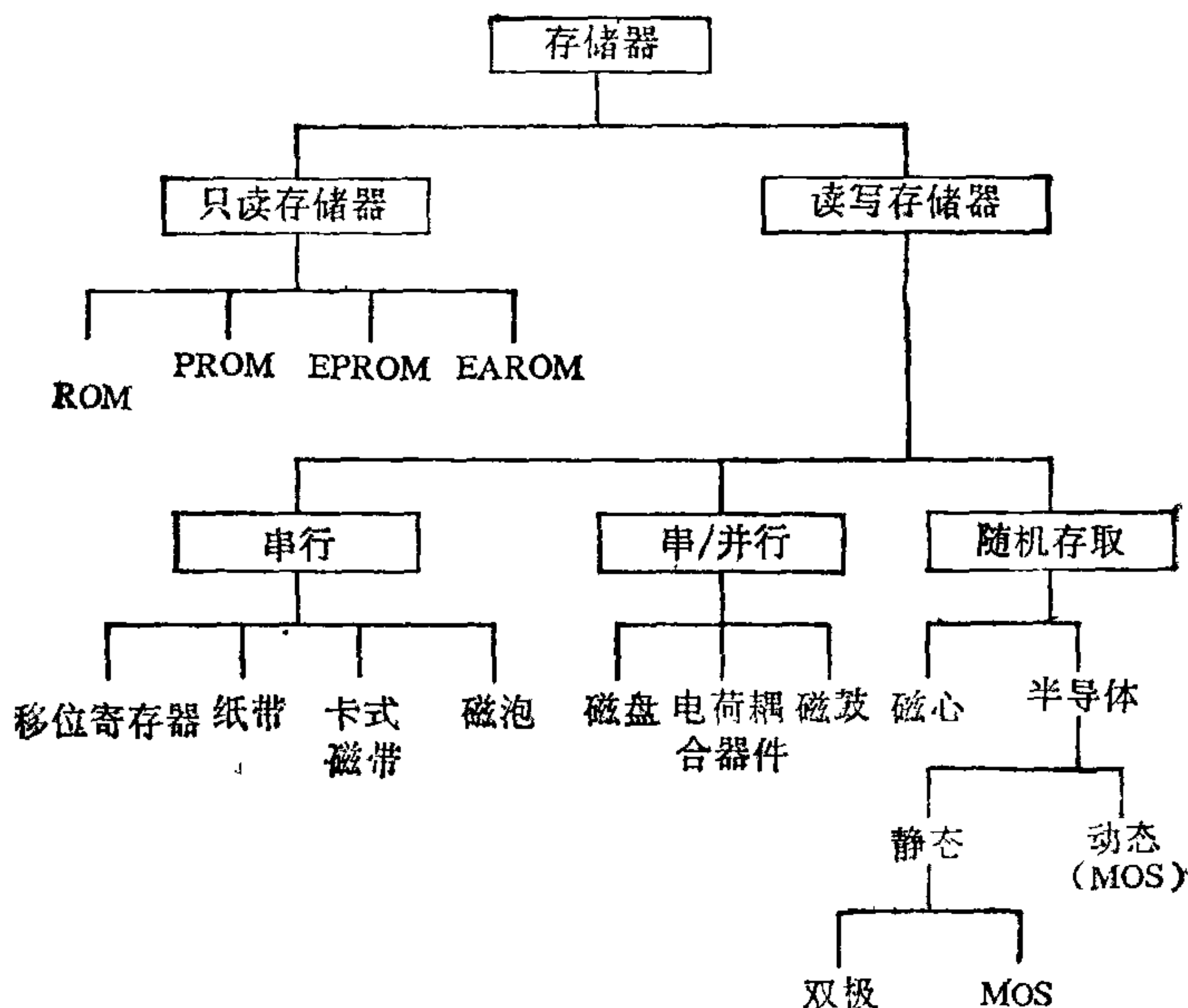


图 7-1　各种存储器分类

器、磁带及新型磁泡存储器等串行存储部件中，数据是逐位串行存放的。这样，在这类存储器中，访问具体数据所需要的时间（一般称之为存取时间）取决于该数据在存储器中的具体位置。例如，如果使用磁带存储器，磁带目前正处于始端，而所要寻找的数据却位于磁带的末端，那么就得花费几分钟的时间才能找到这些数据。虽然这是一个严重的缺点，但是，由于这种串行存储器所能存放数据的容量很大，所以至今仍然被广泛地应用着。另外，对于这类存储器来说，虽然开始寻找具体数据时很费时间，但是，如果所需数据是按顺序存放的，那么一旦找到以后，实际的数据传送速度也是

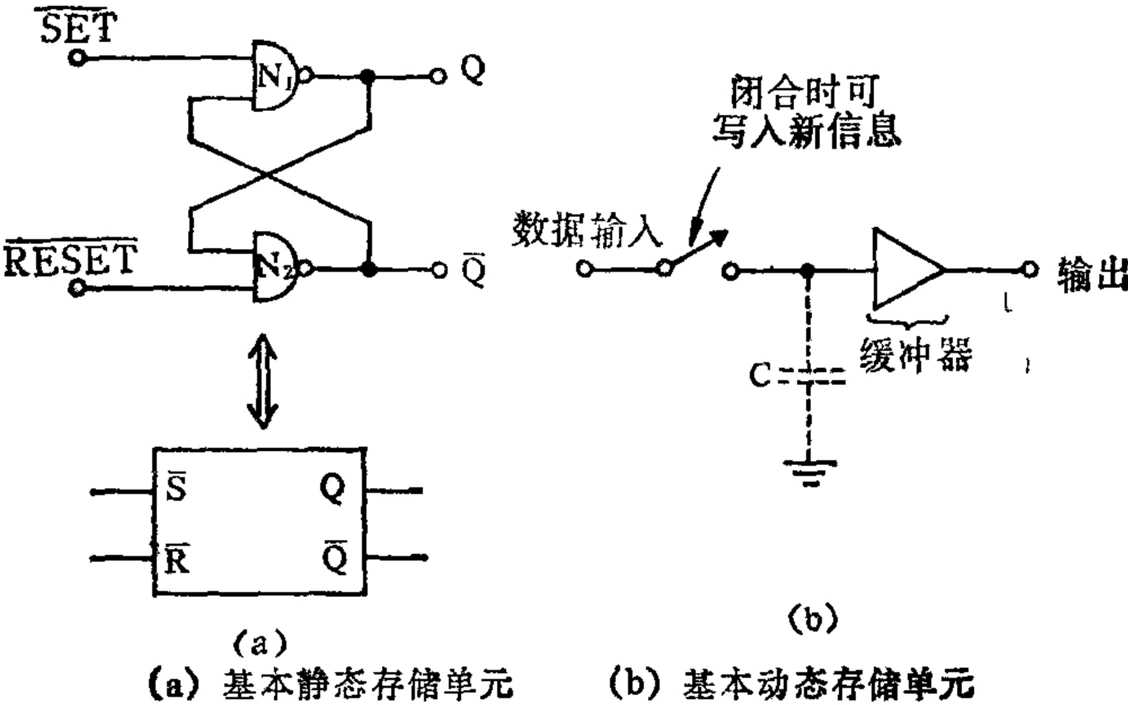
很高的。所以，正是出于这一原因，许多新型的可编程序式和多功能式电子游戏机均采用某种形式的盒式磁带、磁泡或磁卡作为大容量存储器来存放具体的游戏程序。

另一种存储器是随机存取存储器（RAM）。在这类存储器中，所有存储单元的存取时间均相同。这就是说，将信息读写到这类存储器中所需要的时间与数据在存储器中所处的位置无关。例如，在磁心存储器中，数字1和0的信息是存放在微型环式磁心结构中的。这是一种市场上首次出现的RAM。存1时，磁心就会在某一方向上磁化。存0时，磁心磁化的方向与上述相反。虽然磁心存储器成本低而且功耗小，然而它不便于采用集成电路技术进行制造，所以最后诞生了当今应用最广泛的半导体集成电路存储器。这种全固态的RAM是当代技术的一大奇迹。它的成本低、密度高、功耗低而且速度高。当然这种存储器也有缺点。与磁芯存储器相比，其主要缺点是信息的易失性。即电脑一旦掉电，则所存的信息随即丢失。在那些不允许有信息丢失的电脑中，一般需要对存储器提供备用电源。但是，这种方法对于电子游戏机来说并不实用。在电子游戏机中，游戏节目一般存放在非易失存储器（例如ROM）内。但在较为复杂的电脑控制的游戏机中，完全可以采用串行大容量存储器来存放各种不同的游戏节目。在进行具体游戏时，程序从串行存储器被传送到RAM存储区。此外，RAM还可用来存放用户自己编写的游戏程序。

目前，在微电脑中主要使用两种类型的存储器，即静态存储器和动态存储器。在静态存储器中，数字信息存放在由图7-2所示交叉耦合门组成的常规触发器内。由于存在反馈，

所以如果N_1的输出为高电平（HI），那么N_2的输出就会是低电平（LO）。反之亦然。这种触发器有两个可能的状态，当Q为高电平时，为逻辑 1 状态。当Q为低电平时，即为逻辑 0 状态。在$\overline{SET}$输入加上低电平的瞬间，就会使Q置为 1。而在$\overline{RESET}$上加上低电平，就会使Q复位为 0。如果没有出现外部输入，那么一旦加上电源，触发器就保持现行状态。

动态存储器的原理却完全不同，它是将电荷存储在一个电容器上。当图7-2（b）所示的开关闭合时，进来的HI或



（a）基本静态存储单元　　（b）基本动态存储单元

图 7-2　两类存储器

LO数据就被加到电容器C上。当开关断开时，信息会以电容器上存放电荷的形式保存在存储器内。但是，为了防止这些信息漏泄掉，必须对存放在动态存储器内的数据进行周期性地“更新”。一般是每几毫秒进行一次。由于动态存储单元所占的空间要比静态触发器小得多，所以可以实现更高的封装密度，而且其工作速度比较高，功耗也比较小。

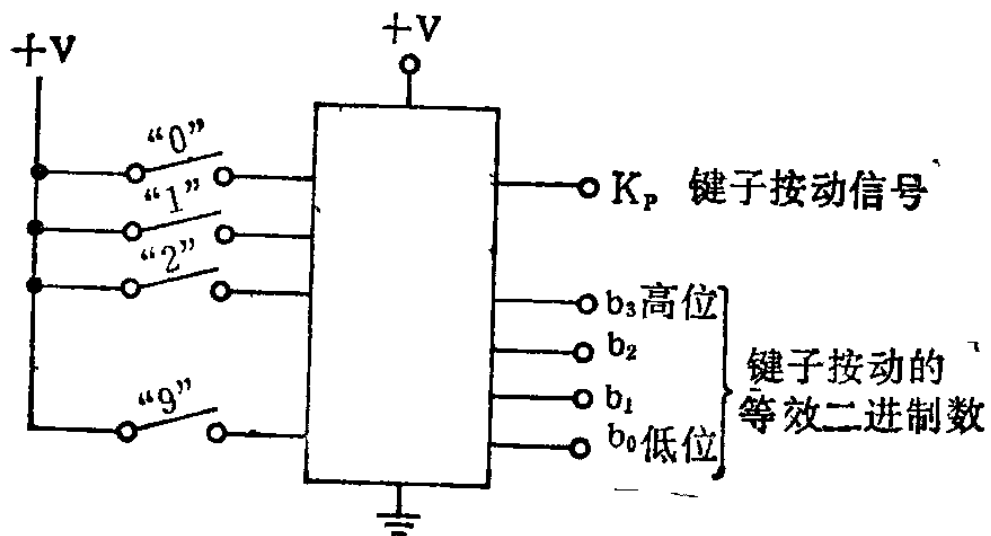
从上面对现行存储器的简要介绍，可以得出这样的结论，即还没有一种单独的方法能够满足目前电脑电视游戏机的所有要求。只读存储器只能用来存放基本游戏程序，并可用来提供显示各种固定物体和字符的视频信号。而随机存取存储器可用来存放要显示的活动视频信息，在影响活动过程中可由处理机连续地进行更新。

在当前微电脑控制的多种游戏节目的游戏机中，更换含有只读存储器的插盒即可改变游戏节目。由于许多生产厂家都在一直努力降低生产成本，所以新型的游戏机采用了某些形式的大容量存储器，例如盒式磁带或磁卡等。不管最终采用何种形式的存储器，对于使用串行大容量存储器的微电脑来说，必须先将数据传送到RAM中。这样，在这种游戏机中还需要另外一些RAM用作程序存储器。

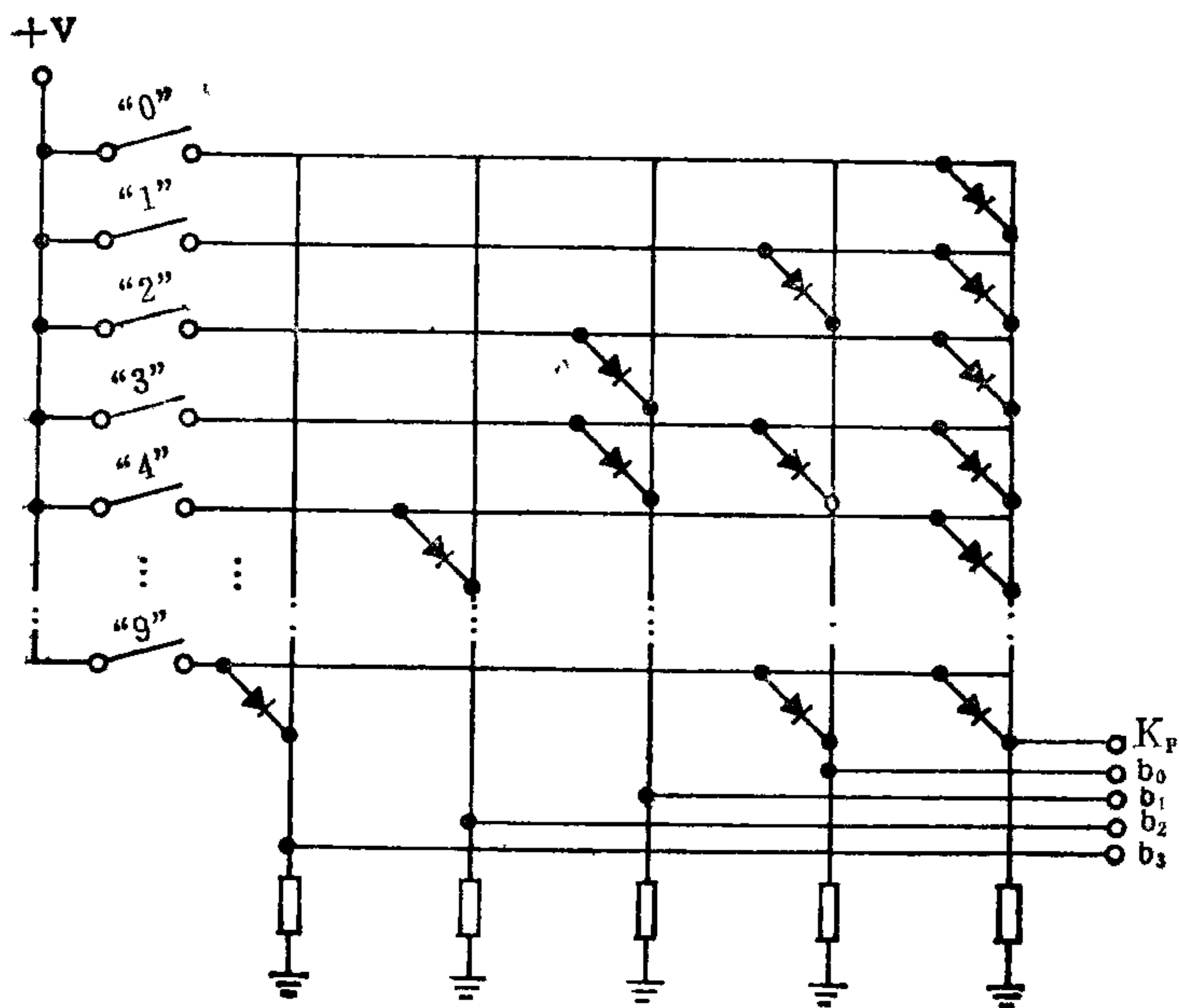
7.2 半导体存储器ROM和RAM

很早就用只读存储器作编码转换器、数学功能查表和字符发生器等。随着它们近来在微电脑系统中应用的扩大，其销售额在不断地猛增。与此同时，ROM的密度、速度和功耗等方面都有显著的改进。实际上，功耗小于500mW、存取时间小于500ns的一块32k的ROM，其价格才不过20美元。

图7-3示出了一种典型ROM的应用，即用常规的二极管和电阻器来构成键盘编码电路。这种特殊电路是一种十进制的键盘编码器。当某一个键被按动时，输出上会产生二进制编码等值。此外，该电路还可以产生一个“按键”信号，以指示某一键已被按动。在这种电路的设计中，如果在一个



(a)



(b)

图 7-3 键盘编码器阵列

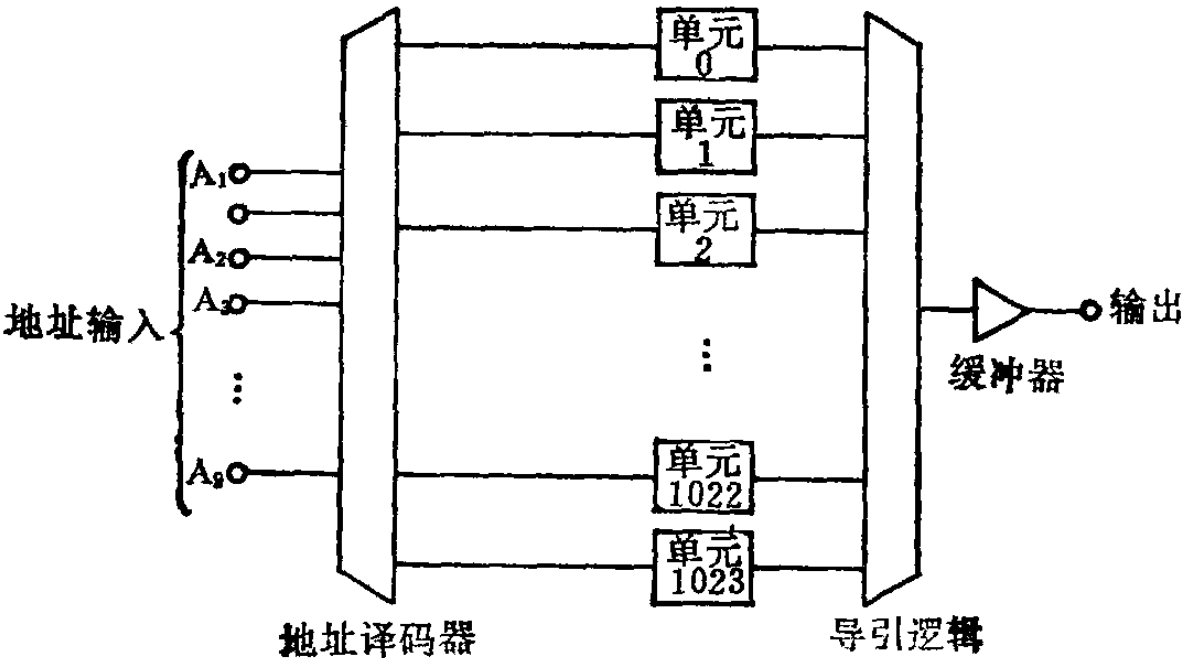
具体键被按下时要求输出为1，则在该位线上应置入一只二极管。例如当按动3号键要产生0011的输出时，则需要在b_1、b_0及K_p（按键）线上设置二极管。从电路上看，这些二极管似乎没有必要，完全可以改成短路状态。但是，一旦改成短路就会产生电流的寄生通路，从而产生不正确的输出。在要求输出为1处的结点设置二极管就会防止信息从这些寄生通路中损失掉。

上述例子仅用来说明原理。实际上，当今的ROM中很少使用二极管-电阻网络。为了最大限度地利用集成电路制造技术，常用双极或MOS晶体管来构成ROM。在掩膜可编程序的ROM中，生产厂家往往使用通用晶体管阵列来构成ROM，最后再将要求输出为1的晶体管栅极（或双极晶体管的发射极）连接起来。

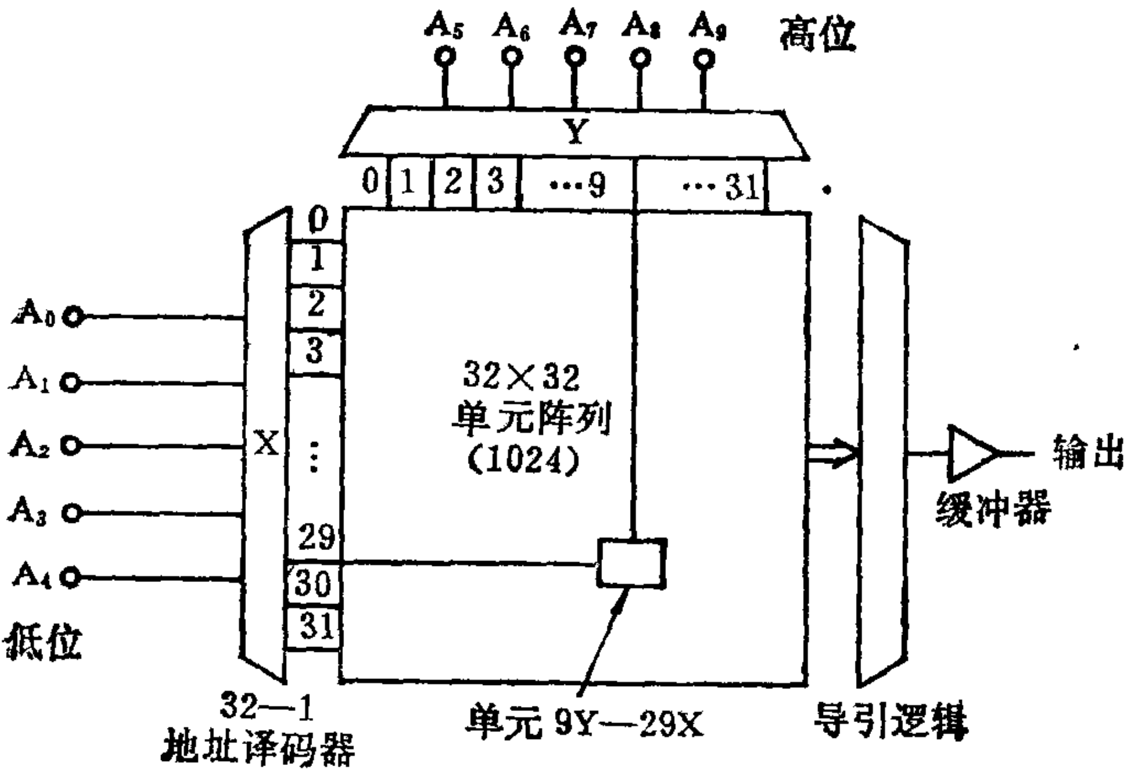
应注意的是，这种键盘编码器电路完全可以作为利用输入键信息来对ROM进行寻址的查询表。这样，可以查出被按键子所对相应二进制编码。

上述例子中所讨论的ROM具有10个输入和5个输出，即它是10×5的ROM。由于输入和输出的数量比较少，所以这种ROM完全可以封装在17引线（10个输入、5个输出、2个电源引线）的集成电路内。这样，就不需要地址译码了。下面来分析一下将键盘编码器ROM应用到常规打字机上的情况。这种输入设备大约含有48个不同的键子。这样，要构成这种键盘的ROM编码器电路就必须使用大约60条引线的电路。对于这种设计，使用某种类型的地址译码器就会显著地提高效率。在这种方法中，一个含有2^N个字的ROM可以使用N个二进制输入引线来进行寻址。当译码信号的数目

比较少时（一般少于32个），则可以使用图 7-4（a）所示



（a）



（b）

（a）线性寻址　　（b）重合寻址

图 7-4　存储器寻址方案

的线性地址译码技术。但是，若ROM的规模超过了这一限度，那么单纯的线性寻址技术就不再适用了。

下面来分析2^{10}即1024字的ROM设计。这种ROM有10个输入地址线和1个输出线。如果采用线性寻址技术构成，那么这种ROM将需要一个1024中取1译码器，如图7-4（a）所示。这样一种译码器制作起来是十分困难的，它要求在集成电路版图设计中必须有极好的几何一致性。另一种比较适用的技术是如图7-4（b）所示的重合寻址技术。这种技术在保持相同数量的外部地址引线的同时，大大减化了译码器电路的复杂性。在这种电路中，我们称X译码器输出为行选线，而称Y译码器输出为列选线。在这个例子中，1000位的ROM是利用两个5线地址译码器构成的。这样，要对存储单元9 Y-29X寻址，则X地址译码器将选择线29（输入为11101），而Y地址译码器将选择线9（输入为01001）。这种双重寻址方法，其原理类似于在一张城市地图上寻找一幢具体建筑物，是利用水平和垂直两条街的交叉来确定的。

另外，ROM中还含有导引逻辑，如图7-4所示。它可以将所选存储单元的信息送至输出缓冲器。如果ROM内含有多位字，那么地址译码器可以同时选择字中的所有位，每一位被送至相应的输出缓冲器，如图7-5所示。RAM也可以采用这一寻址技术。

掩膜可编程序ROM的价格比较便宜，一般适用于那些不需要有进一步位变化的应用。但是，在系统开发阶段，它往往具有现场可编程序ROM（PROM）的优点。这些器件允许用户对ROM编制程序，删除程序错误，以保证在将最

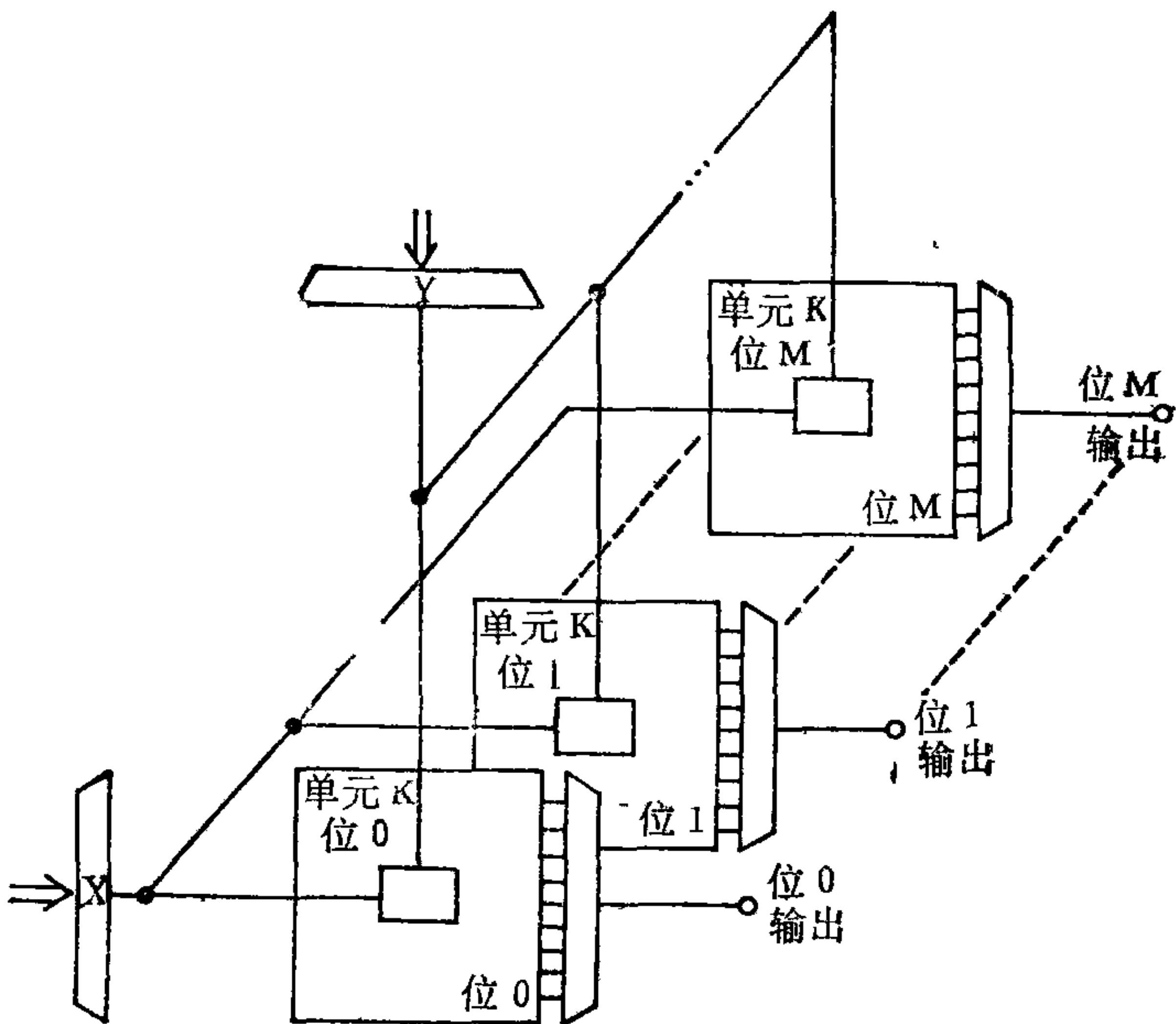


图 7-5 每字多位的ROM结构

终程序提交给掩膜型ROM之前能正确操作。这种PROM往往含有可熔网络，为了将有关的数据送入存储器，这些网络或者熔断，或者使晶体管基-射结短路。PROM除了在产品开发阶段有用以外，它也是一种生命力较强的器件。使用PROM来代替掩膜可编程序ROM可以节省大约1000美元的掩膜准备费用。另外，在进行ROM生产中也可以节省检修时间。如果在一个比较小的生产批量中需要生产许多种不同类型的ROM，那么从长远观点来看，要比购入单种PROM便宜得多。

由于一旦网络熔断出错PROM就会报废，而在产品开发阶段往往需要程序作广泛地改动，所以这个时期不宜使用PROM。一般来说，在产品开发周期内，使用可擦抹可编程序只读存储器（EPROM）是最合适的。目前，有两种使用较广的EPROM。第一种，也是最常用的一种，是利用隔离栅MOS晶体管构成的。对这种器件编写程序是通过对晶体管的漏加高压后产生雪崩击穿并使埋层的栅充电。在撤掉这一电压后，栅就会被再次隔离并基本上永远保持于被充电的状态。这就使晶体管的漏和源之间产生一个永久导通的沟道。这类PROM的实际寿命为10年到100年。对PROM进行擦抹时，只需将它在紫外线下曝光即可。所产生的光子刺激为晶体管栅的放电提供了漏泄通路，并使所有晶体管返回到截止状态。一般来说，在紫外线光源下曝光10分钟就可以彻底完成这种存储器的擦抹工作。

第二种是EPROM，一般称之为电可改写只读存储器。这种存储器允许对存储器中的具体位施加一定的电压来进行擦抹。虽然这种器件非常有用，但是目前其成本还比较高，这就限制了它的应用面。

究竟是采用双极型ROM还是采用MOS型ROM要视系统的具体要求而定。双极型ROM一般用于存取时间小于100ns的应用。而MOS型ROM的速度比较慢，但价格比较低，一般应用于要求不太苛刻的场合。如果与常规的微处理机一起使用，那么MOS型ROM的速度完全可以满足要求。

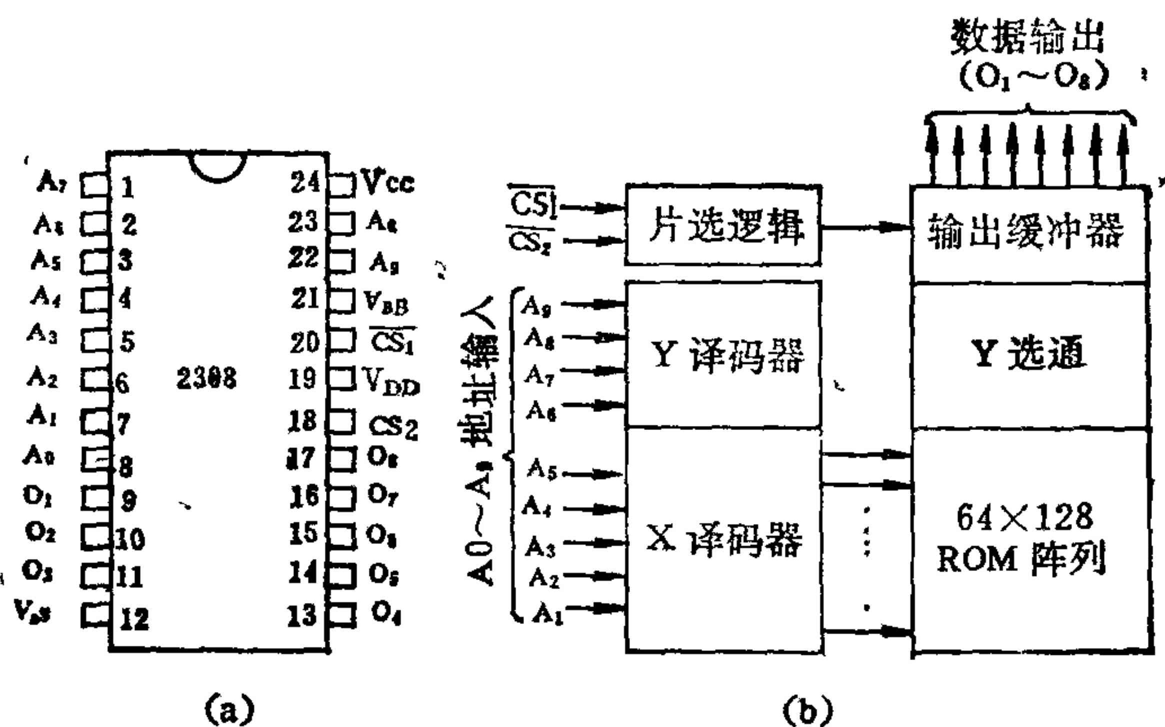
微电脑系统中所使用的读写存储器一般都是半导体存储器。对于小型设计，一般多使用静态RAM芯片，因为它们

是以多位单个封装阵列出售的，而且与处理器的连接也比较容易。当要求超过几千个字节的存储器时，使用动态RAM就比较合适了。虽然这需要额外更新电路，但由此而增加的成本可以由这种动态存储器的尺寸小、速度高、功耗小等优点所补偿。由于动态存储器需要高的输入阻抗来防止信息从存储电容器上快速释放，所以这种存储器只能使用MOS晶体管来构成。目前，市场上的4k静态RAM和16k动态RAM已司空见惯，现在256k的器件国外也大批生产了。

7.3 微处理器和存储器的连接和寻址技术

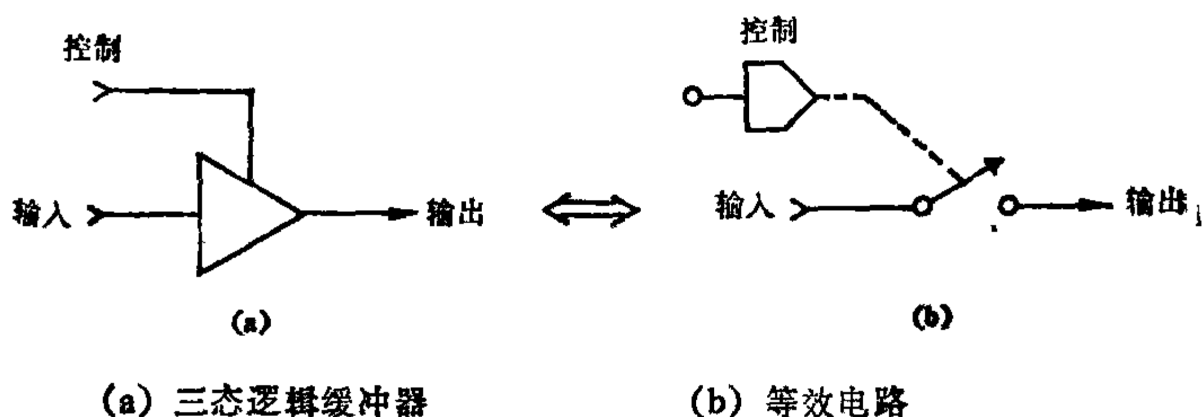
以上介绍了RAM和ROM半导体存储器的内部结构。在这部分，将以芯片为单位向大家继续介绍这些器件，并研究如何将这些集成电路组件组装成存储器阵列。更重要的是，要研究怎样有效地将这些存储器与微处理器进行连接。

图7-6所示的ROM是市场上广为销售的8192位存储器。这是一种1024个8位字的阵列。其10条输入引线A_0～A_9可以对被检测的ROM中的字进行选择。处于被选地址上的数据可出现在输出终端O_1至O_8上。ROM输出缓冲器是一种三态器件。当片选线$\overline{CS_1}$和$\overline{CS_2}$均为低（L_0）电平时即进入启动状态。我们在前面曾介绍过，三态器件的性能尤如一个电子开关（图7-7）。在启动时，它会将输出和输入线连接起来，而在禁止时它会在电路上有效地切断输出引线。使用三态输出，只要一次有一个器件启动就允许许多相似的器件均连接



(a) 引线排列　　　　(b) 框图

图 7-6　8192位静态MOS型ROM

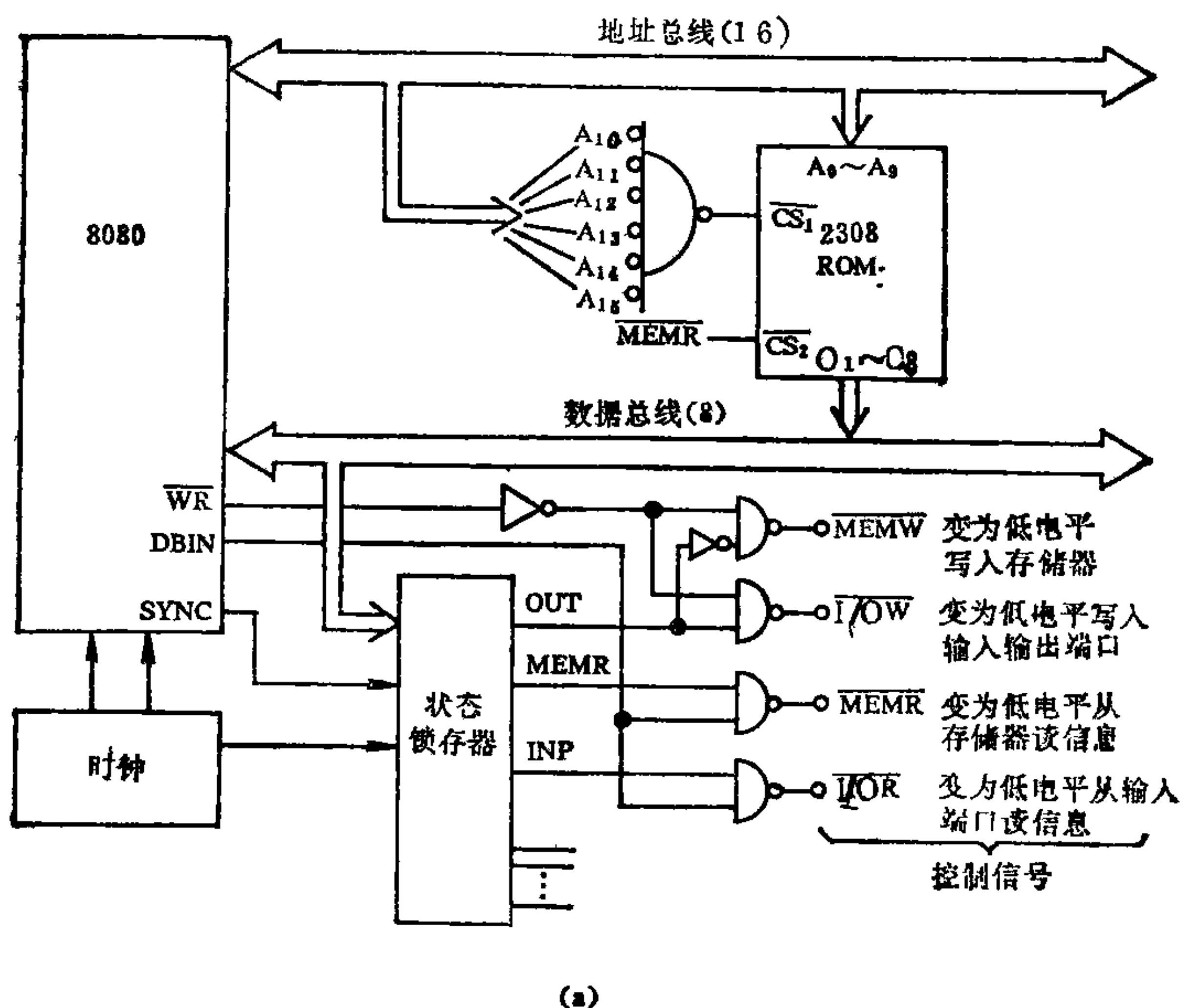


(a) 三态逻辑缓冲器　　　　(b) 等效电路

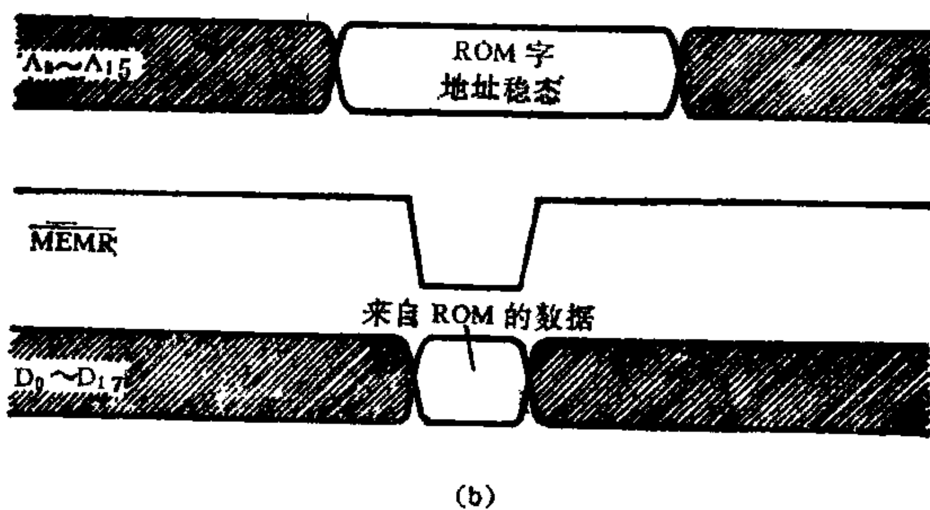
图 7-7　三态逻辑操作

到同一数据总线上。

为了将ROM连接到处理器上，可以将8条ROM数据输出引线直接连接到数据总线上，而将10条地址线(A_0～A_9)连接到处理器地址总线的相应点上。余下的地址总线(A_{10}～A_{15})可以在处理器规定其地址时对该芯片进行选择。对于图7-8(a)所示的具体电路，只能在地址位A_{10}～A_{15}均为0



(a)



(b)

(a) 将一块ROM与8080微处理器相连接

(b) ROM的定时关系

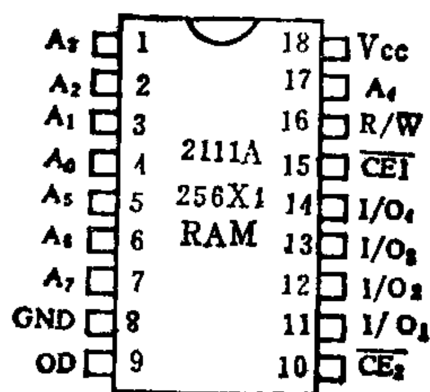
图 7-8

时才能对ROM进行选择。因此，该芯片被标志为ROM0。将存储器读操作信号与$\overline{MEMR}$连接起来可以确保ROM数据不致于置于数据总线上，直到处理器准备接收它时为止。其定时关系如图7-8（b）所示。

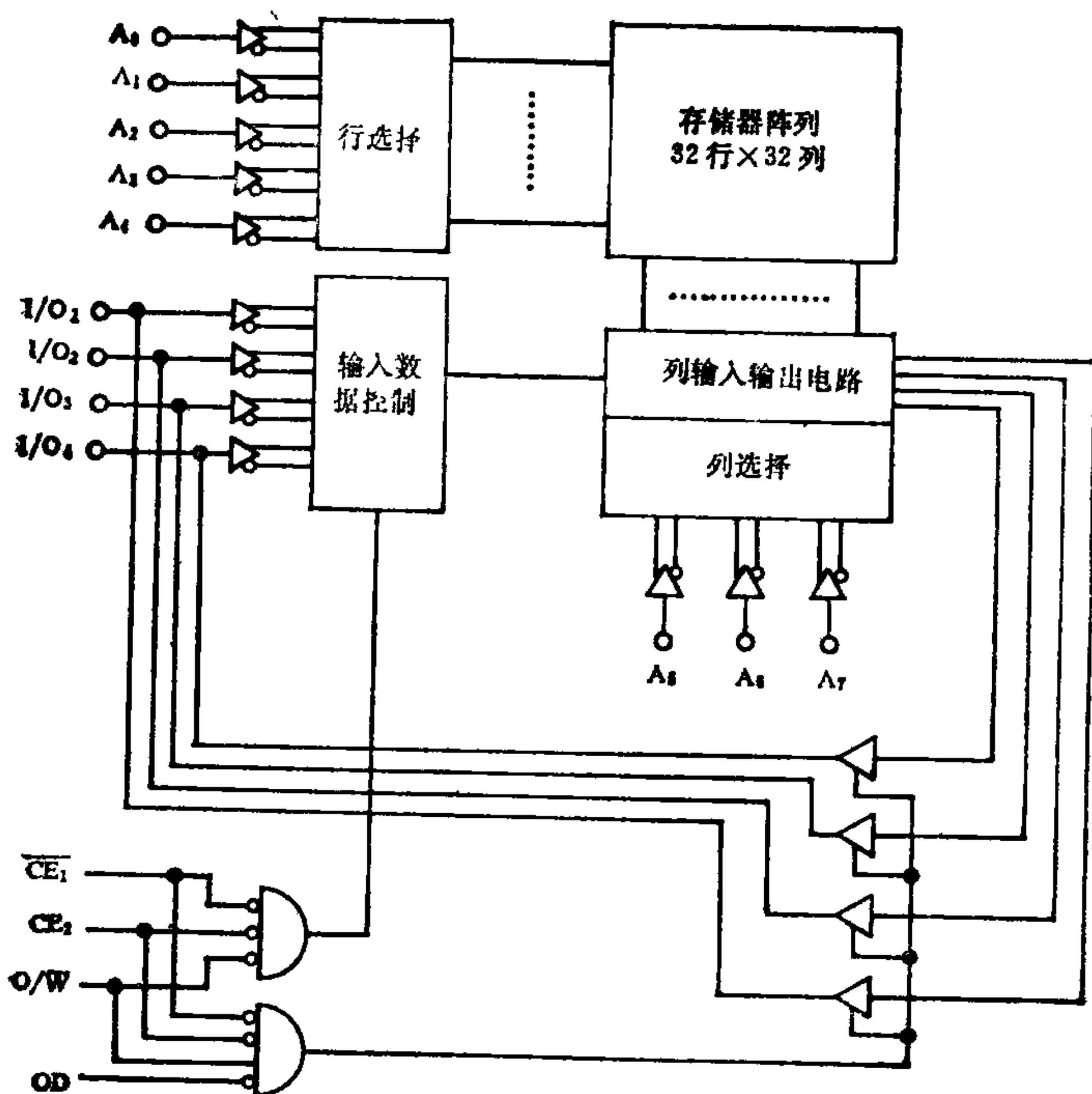
RAM的接口要比ROM略为复杂。RAM电路不仅能够从存储器中被选的字上读数据，而且也能够将数据从数据总线上取出并存放到由地址总线上的数据所指示的字单元。图7-9示出了典型的第二代1024位静态RAM芯片。它是一个256字×4位的存储器，并具有共同的数据输入/输出总线（I/O_1至I/O_2）。这种总线当然适用于各种面向总线的系统。当$R/\overline{W}$（读/写）输入信号变为低电平（LO）时，就会将I/O线上出现的输入数据存放到被寻址的存储单元。输出禁止（OD）引线为高电平（HI）时可以使输出缓冲器变为三态。除非在执行读操作，否则会使被寻址RAM字的相关数据脱离数据总线。应注意，当数据写入到存储器时，RAM输出缓冲器必须处于禁止状态。否则，从处理器进来的数据与RAM输出上的数据会在数据总线的控制中发生冲突。图7-10中的定时关系说明了这一数据是怎样读出并送入RAM的。

下面来介绍怎样利用2111RAM芯片来构成一个1024字×8位的RAM模块。将两块这种集成电路并联起来（地址和片选引线共同连接），可以组成一个256字×8位的子模块。将4个这样的子模块连接到一起就完成了一个1k×8的RAM设计。这种系统的总体设计及前面所述的1k字节的ROM如图7-11所示。

最后，来分析一下由3个1k字节的RAM和5个1k字节的



(a)



(b)

(a) 引线排列　　(b) 框图

图 7-9　256字×4位的静态RAM

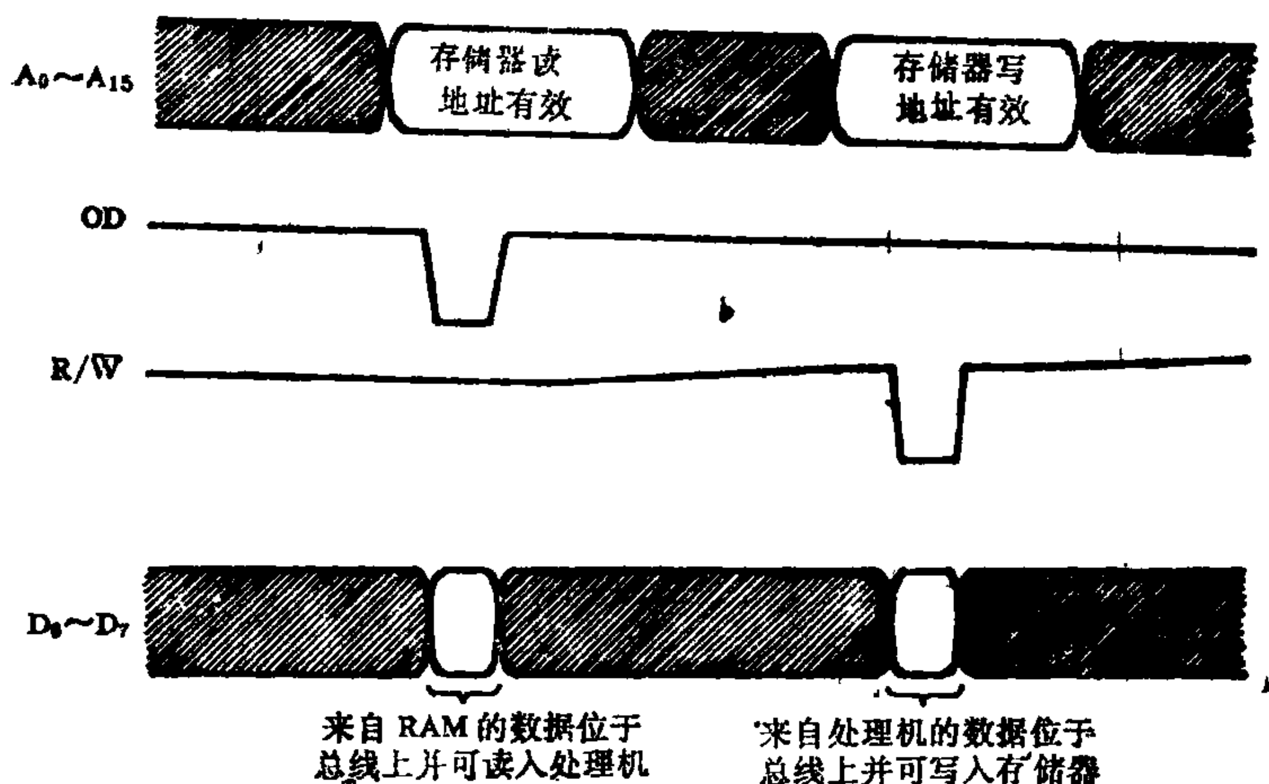


图 7-10 从RAM读数据并向其写入数据的定时关系

ROM构成的8k字节存储器结构。这种存储器的总体结构示于图7-12中。为了减少模块数量，这种电路仅使用专用的4中取1译码器芯片。该芯片含有多个启动输入。应注意，当地址引线$A_{13}\sim A_{15}$均为0时，这种存储体才被启动。而且当$A_{10}\sim A_{12}$所具有的地址等于芯片号码(这里为3或0 11)时，存储体中的一个专用芯片（例如RAM3）才被启动。除了译码器以外，其余的设计问题基本上符合上述的原则。

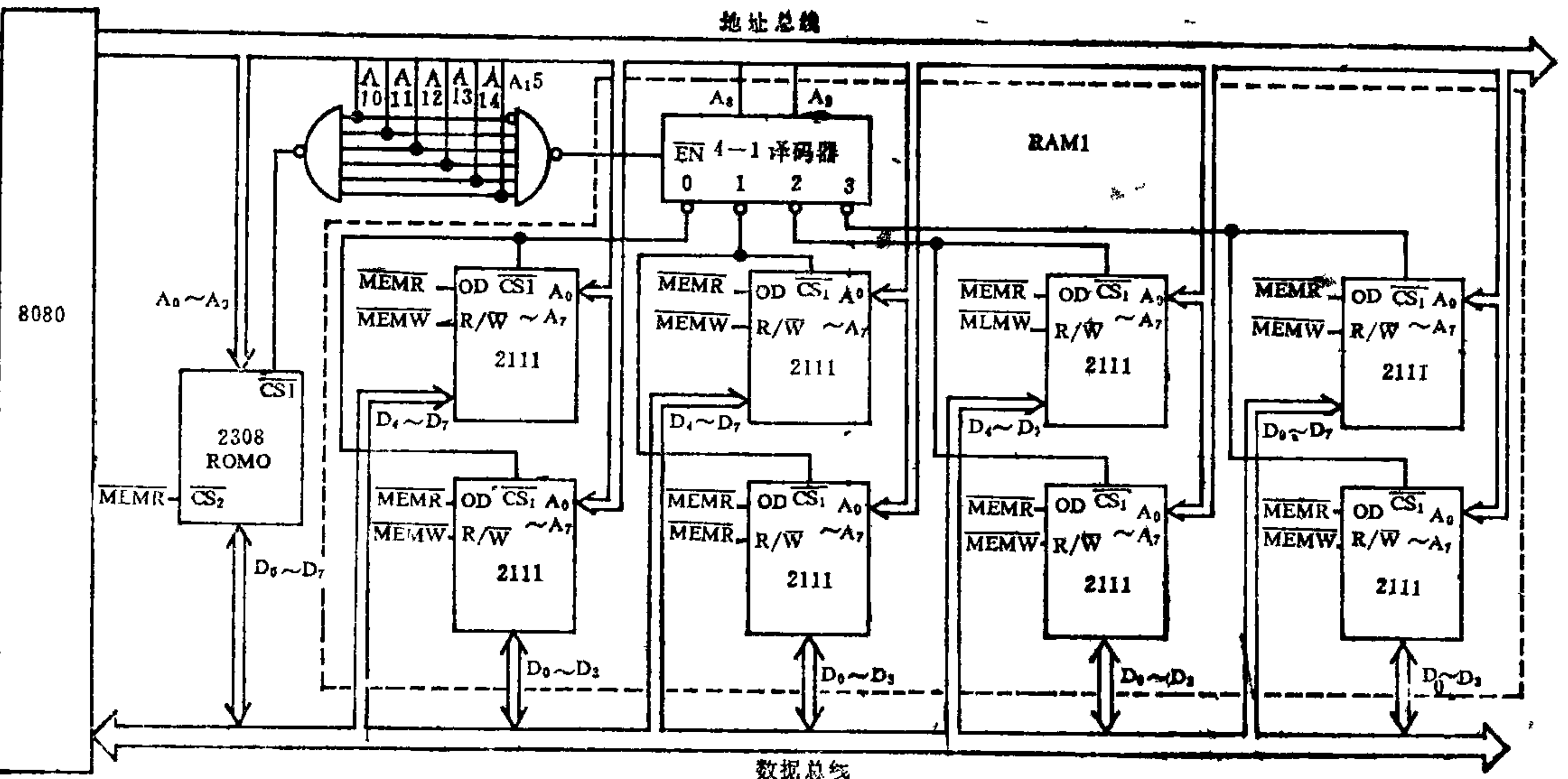


图 7-11 将RAM和ROM与8080微处理器进行连接

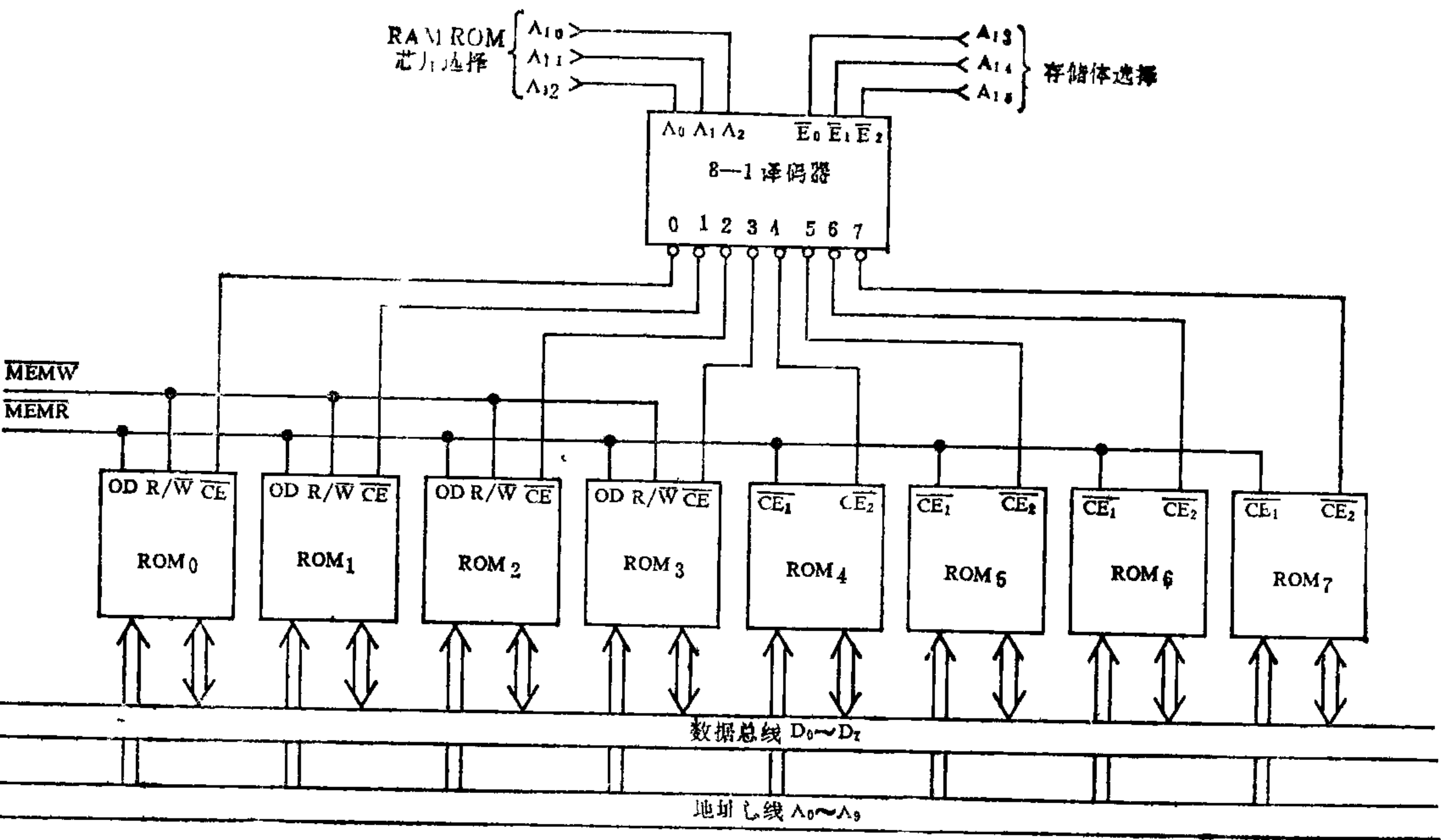


图 7-12 8kRAM和ROM存储区

7.4 在磁带上记录数字数据

数字存储器比较昂贵，为了优化具体的数字设计，往往在总体设计中将几种不同类型的存储器组合起来使用。

前面介绍了半导体随机存取存储器和只读存储器，并指出半导体随机存取存储器虽然具有易失性，但在需要少量高速读写存储器的情况下却是很有用的。而只读存储器一般是用来永久地存放程序和数据。但是，如图7-13所示，这两种存储技术与在磁性媒体上存储数据相比成本都比较高。所以，目前由于有些用户自己具备编制程序的能力，或者需要

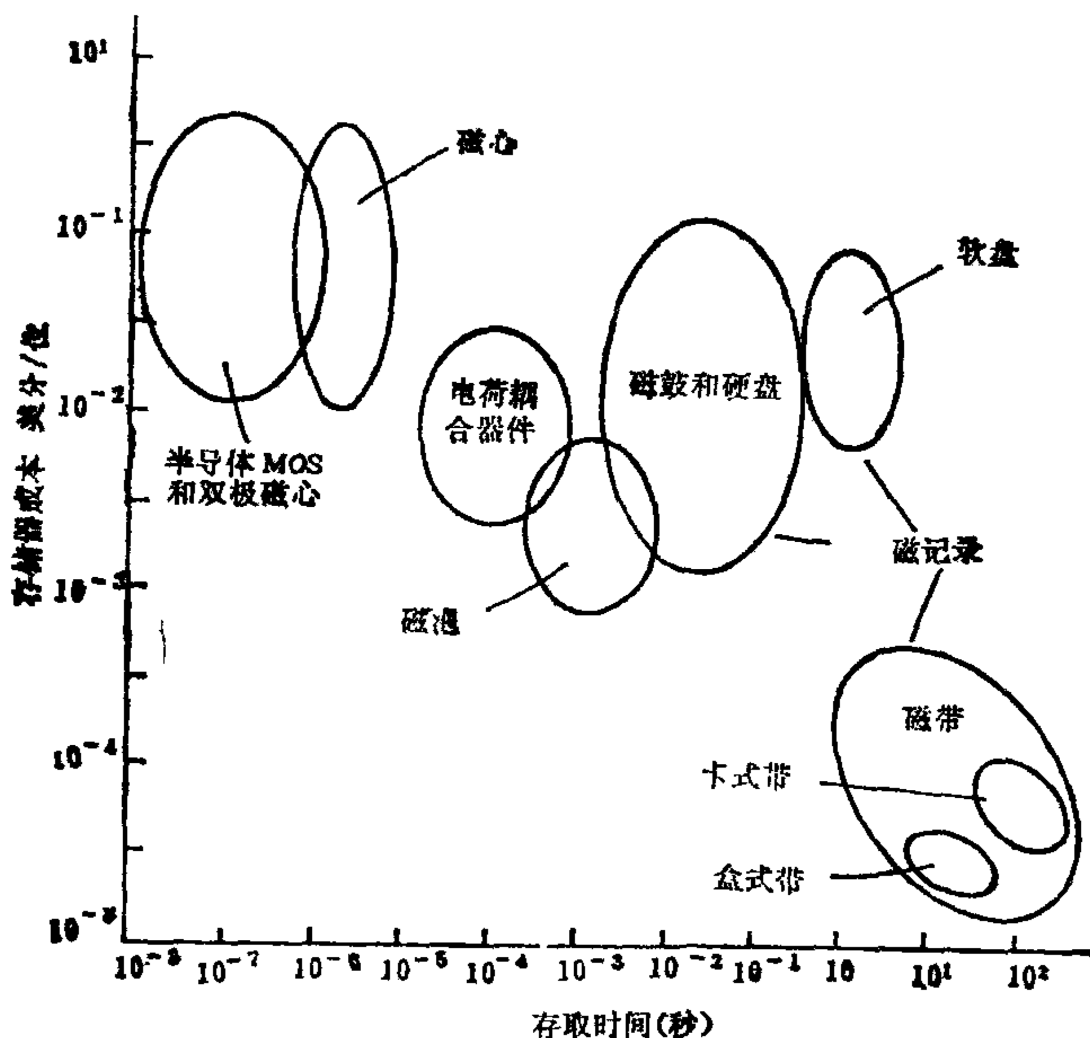


图 7-13 各种类型存储器的价格比较

不断地更新游戏节目，而要求能够方便地变换存储器的内容，于是，就出现了磁存储技术。一般使用市场上买到的盒式磁带来记录程序，因为这类磁带成本低而且结构坚固。

目前，生产厂家已为磁存储技术找到了两种主要的应用途径。第一，可以使游戏者自编游戏程序，编完后存到盒式磁带中备用。第二，可以为用户提供多种复杂的游戏节目而取代价格昂贵的只读存储器。由于数据在磁带上是逐位存放的，所以它实际上是一种串行存取部件。与前述的RAM和ROM半导体存储器的随机存取能力相比，磁带上所有字的访问时间均不相同。若从磁带开头位置检索磁带尾部的一个字，则一般需要几分钟。这样，象磁带这样的串行存储器具有存取时间较长的缺点。但是，对于电子游戏机来说，由于需要的是对大块的数据进行记录或重放，而磁带完全可以满足上述要求。一盒60分钟的标准盒式磁带能够存放100k字节以上的数字数据。

在微电脑控制的电子游戏机中，采用磁带存储器也会带来一个问题，即磁带上的信息是逐位串行排列的，而微电脑一般是面向字节的设备。所以，为了将两者进行连接，在数据记录时往往需要进行并行-串行转换。而在重放时又需要进行串行-并行转换。实现这类数据变换的方法早已为大家所熟悉，在后面7.5节中还要详细介绍。下面主要讨论比较常用的数字数据记录技术。

目前，常规的盒式磁带录音机到处可见，所以在系统设计时，应考虑将这些录音机也利用起来。这样，生产厂家在制造电视游戏机时可以不包括走带机构。这既可以降低系统成本，而用户又可以使用这些廉价的标准盒式磁带。但这种

方法也有几个缺点，即盒式磁带录音机本来是设计用来记录音乐和声音信号的，而不是用来记录数字数据的。所以为了利用它，必须使用某种类型的音调编码。这就需要在录音机上附加外部电路来对信号进行编码和译码。另外，使用音频数据记录方式，还会使得数据传送的速度变低。

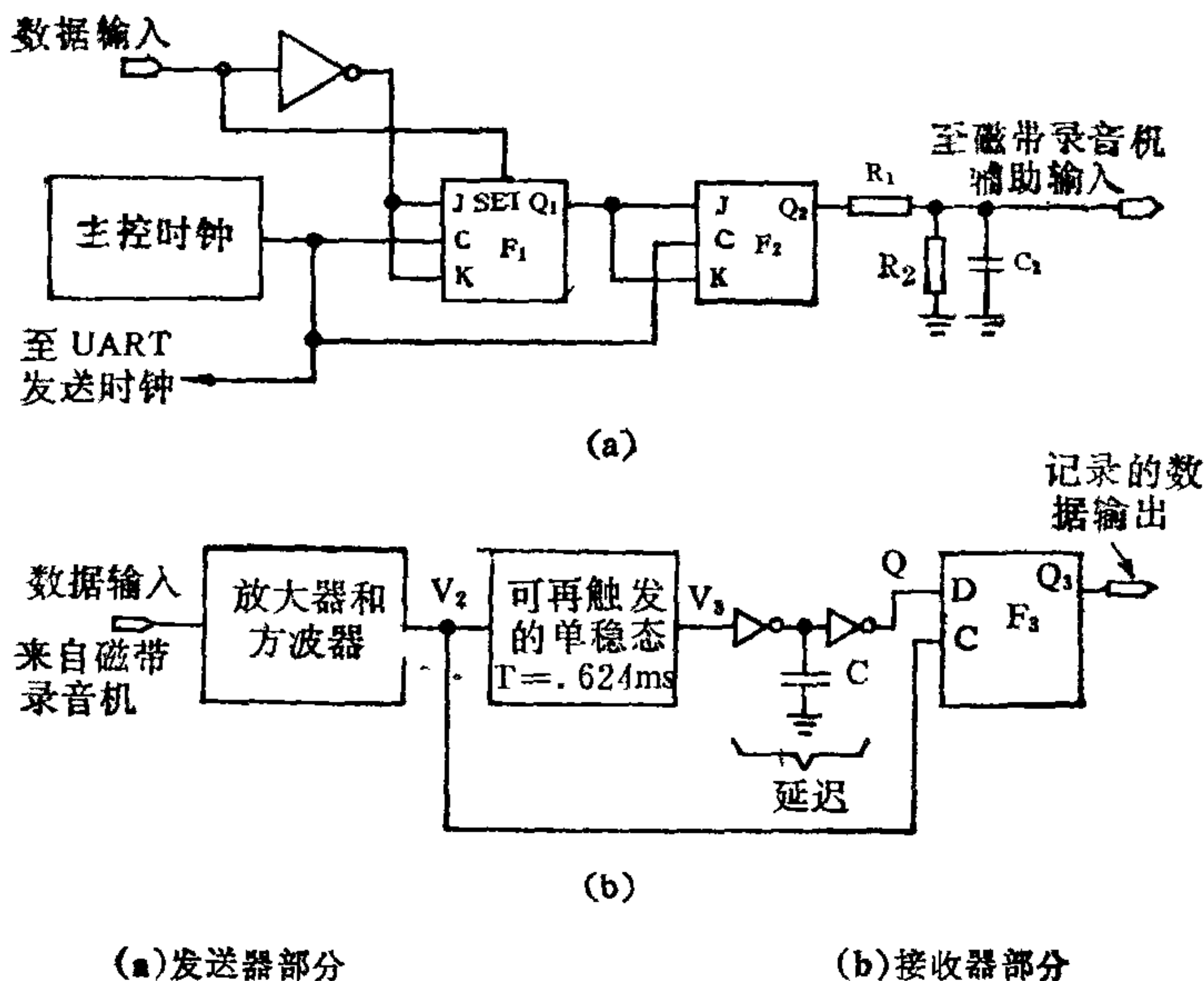
另一种方式是将廉价的走带机构设计到电视游戏机中去。与上述方法相比，虽然成本略有增加，但是这种技术能够使用数字信号驱动的磁头，并且显著简化了记录和重放电路。此外，这种方法还可以提高可靠性并且提高了数据传送的速度。由于这种方式的游戏磁带不容易被复制，所以这类产品不易被仿制。下面，以实例介绍这种数字数据记录的方法。

（1）在常规盒式磁带录音机上进行数据记录

目前已经有了多种在盒式磁带录音机上记录数字数据的技术。这里除了讨论每种技术的优缺点以外，还要以实例说明在常规盒式磁带录音机上记录二进制信息所使用的具体技术。

图7-14所示系统采用数字信号对主时钟（4800Hz）进行移频的方式来工作，用8个周期的2400Hz准正弦波音调表示二进制1，用4个周期的1200Hz音调表示二进制0。这种特殊的数字记录和重放系统不需要软件，可与任一种微处理器配合工作，并允许在记录和重放速度上略有误差而并不产生数据错误。这种系统与任意一种处理器的连接也很方便，只要该机有个串行接口的通用异步收发信器（UART）即可，如7.6节所述。这类接口可用硬件或者软件来实现。

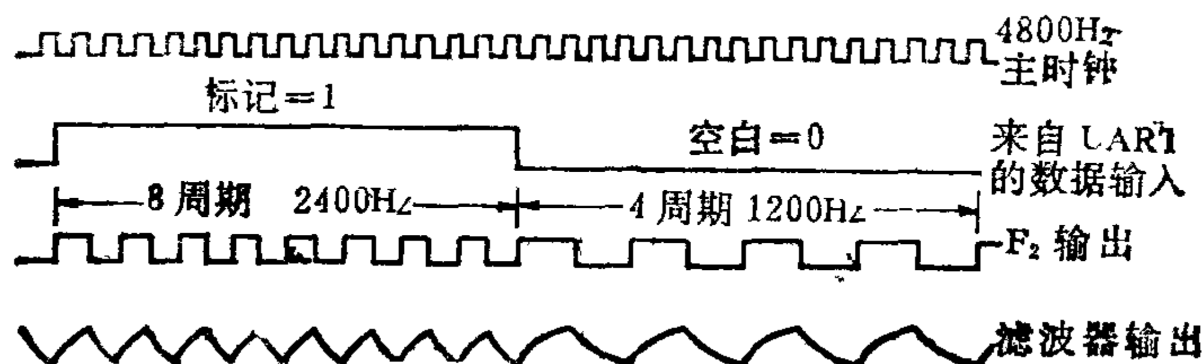
如图7-14（a）所示，当数据输入线为高电平(HI)时，F_1的Q_1输出连续地被置1，F_2的作用尤如一个除2计数器，



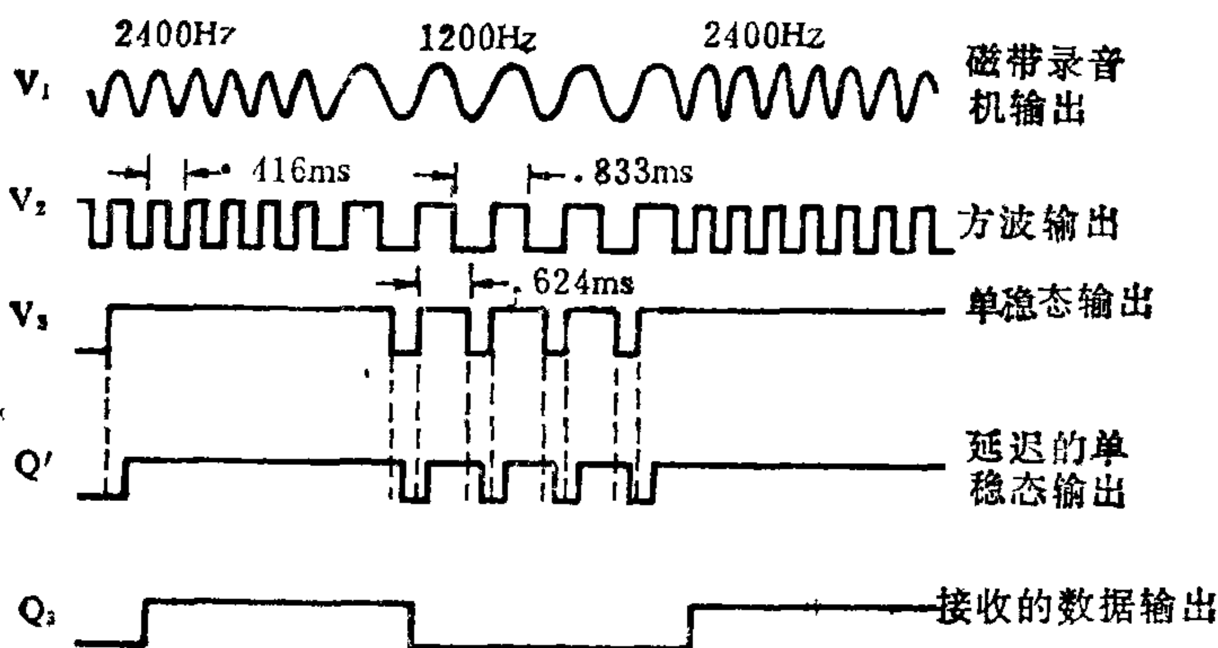
(a)发送器部分　　　　　　　　　　　　　　(b)接收器部分

图 7-14　数字数据磁带录音机

在输出上会产生 2400Hz 的方波。当数据输入变为低电平（LO）时，F_1的J和K输入线变为高电平（HI），F_1-F_2触发器的组合性能类似于一个除4计数器，在Q_2的输出端会产生1200Hz的方波。该信号再传送到由R_1、R_2、C_2组成的滤波器网络，使信号电平衰减到磁带录音机辅助（AUX）输入能直接接收的电平。另外，这种低通滤波器还会滤掉方波的角。这一点很有必要，因为大多数录音机的瞬间响应不好，会在重放时使方波产生尖峰和振铃，从而导致数据重放误差。使用正弦波或准正弦波可以将这种现象降低到最低程度。发送器电路中各个临界点的波形如图7-15所示。



(a)



(b)

(a)发送器波形　　　　(b)收信器波形

图 7-15　数字数据磁带录音机的主要波形

在重放时，来自录音机耳机输出插座的信号由接收器电路的第一级放大并转变为方波〔图7-14(b)〕。而后再加到单稳态上。单稳态的周期在T和$T/2$之间可以进行半可调，其中T是所记录信号的低频周期(在此例中为0.833ms)。按照这种方式，一旦加上了2400Hz(0.416ms周期)的高频信号，单稳态就会连续地触发，使其输出保持于高电平(HI)，而每加上一次1200Hz的低频信号就会使得单稳态暂停一个

周期，如图7-15(b)所示。延迟了的单稳态输出Q′与D触发器F_3的输入相连，使得F_3的输出在接收到2400Hz音调时变为高电平（HI），而在收到1200Hz音调时变为低电平(LO)。这样，就正确地表现了所接收的数据。

应注意，在这一接收器系统中，由于发送器时钟信息不能由所接收的数据来恢复。所以接收器UART不能使其时钟与发送器的时钟相同步。所以，要实现正确的数据接收，则录音机系统的记录和重放速度之差不得大于±5%。该系统的总体数据传送速度为300波特。

（2）直接在磁带上进行数字记录

图7-16示出了对典型磁带所加的磁化力与所产生的磁化强度之间的关系。很显然，这种关系是非线性的。对于模拟记录来说，要求具有线性特性，从而可以保持所纪录信息的各种分量之间的关系。所以这种类型的记录只能在磁带的

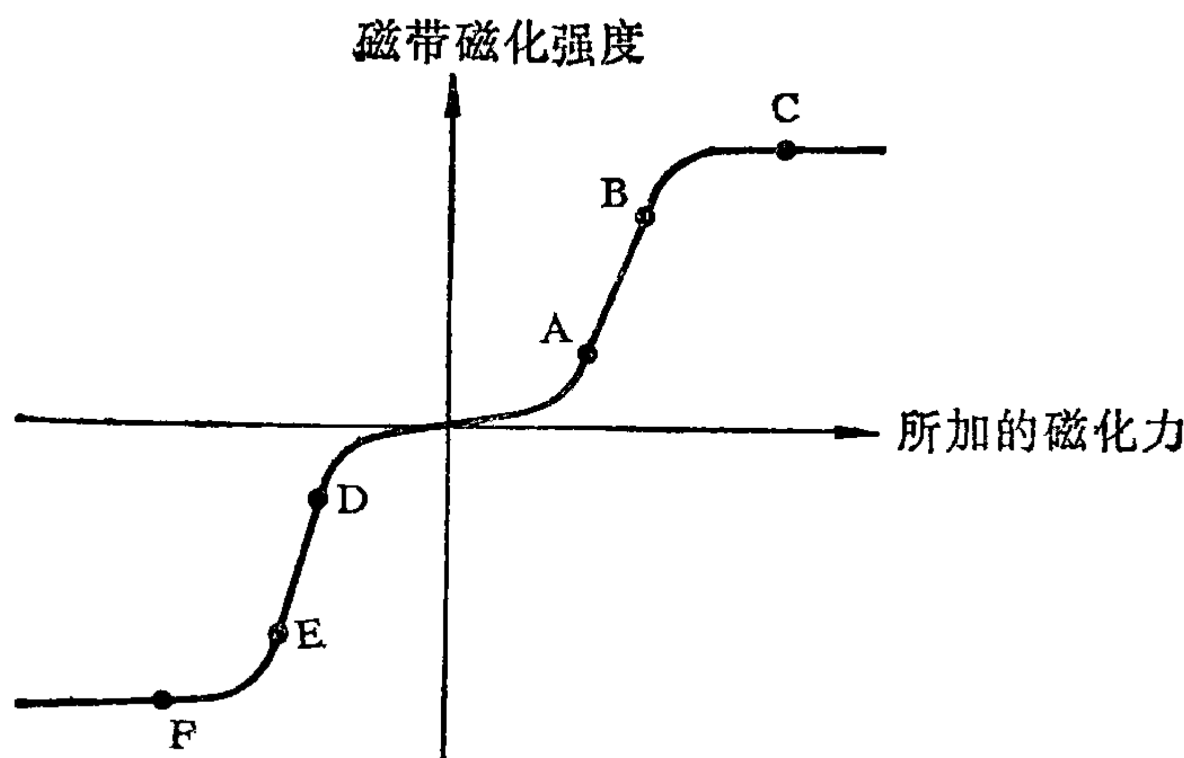


图 7-16 在磁带上所加的磁化力与磁化强度之间的关系

AB和DE区进行，这需要利用直流或高频偏置。

对于数字记录来说，并不要求这样的线性关系，实际上，磁带在磁化时被拉到点C和点F，从而使磁带按某一方向完全磁化（饱和）。具体方向取决于所存放的信息是二进制1，还是二进制0。由于一旦磁带饱和磁化，那么就会出现相同的总磁化力，在重放时会产生相同的信号。所以这种记录技术允许驱动信号可以大幅度地变化。另外，在这种记录方法中，磁带的工作范围是从磁化曲线一种饱和状态摆动到另一方向的饱和状态，这会产生很大的重放电压信号并得到最高的信噪比。所以，人们无需顾及使磁带位于线性区所需要的临界偏置电平。简而言之，直接数字数据记录与采用音频技术进行数字数据记录相比，具有更加方便、成本更低、可靠性更高等优点。

如图7-17中的录音机电路所示，在磁带上直接进行数字数据记录并不困难，仅需要一个附加电路即可。该电路应在

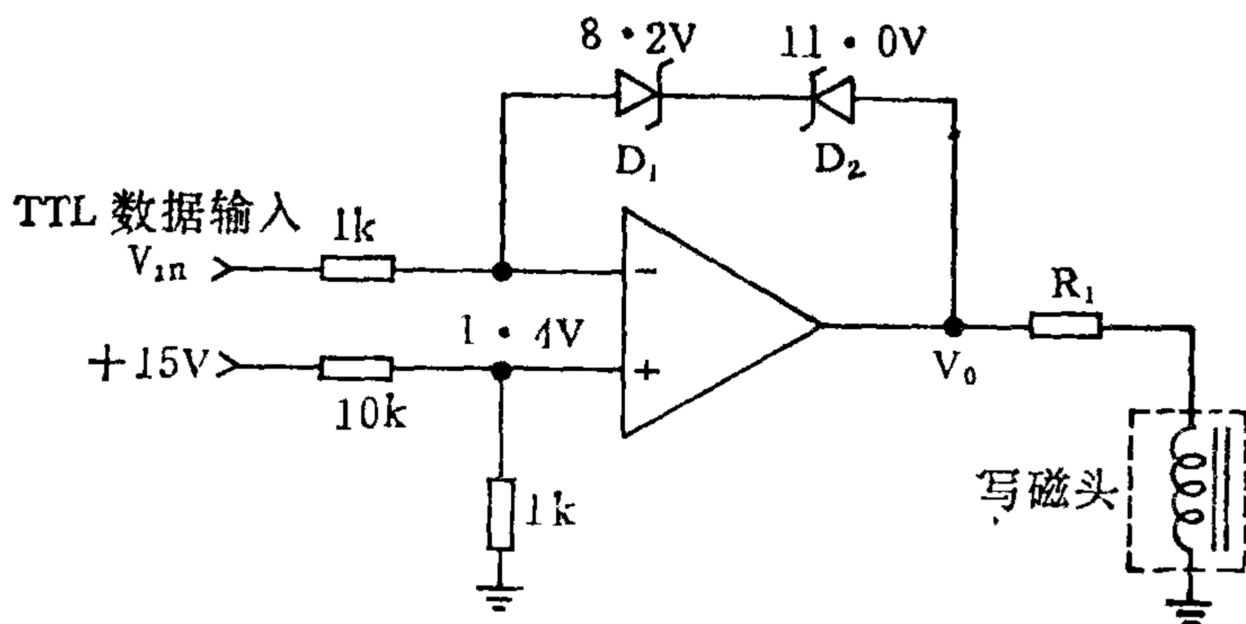


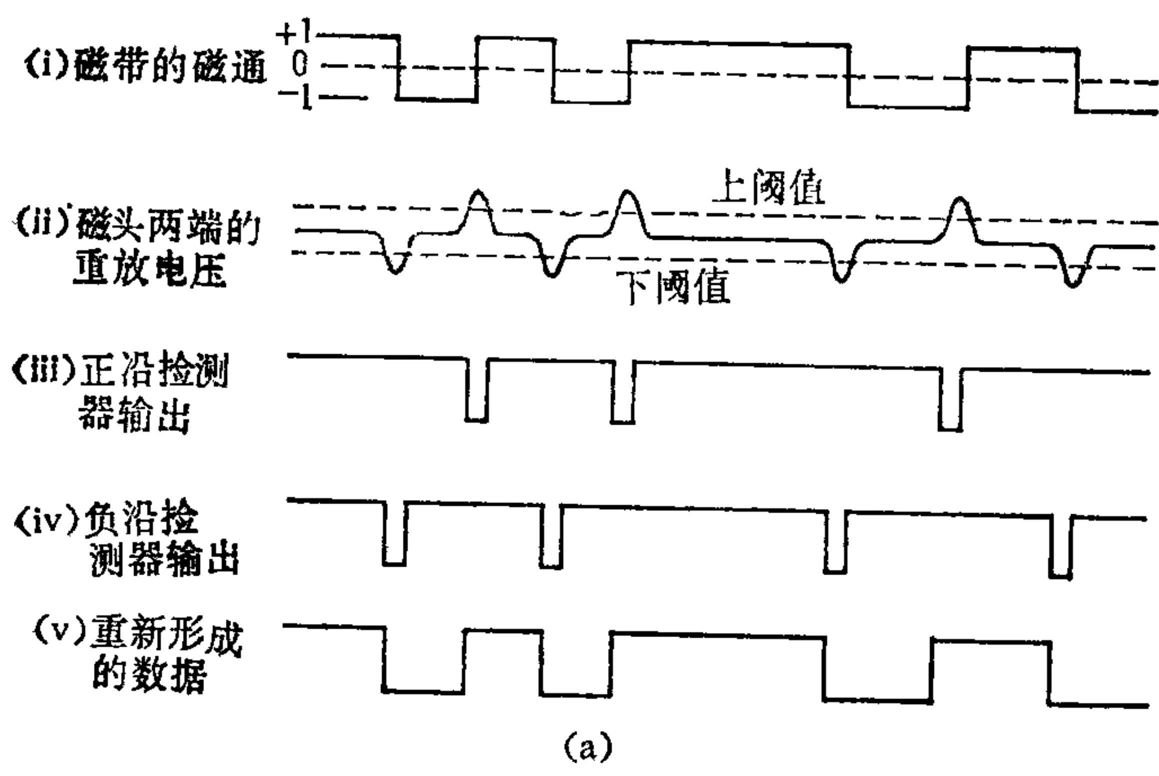
图 7-17 在磁带上直接记录数字数据

写入磁头上产生足够大的双向电流而使磁带饱和磁化。对于典型的数字记录磁头，一般需要2～5mA的峰值写入电流才能使磁带饱和磁化。图中所给的电路可以将标准TTL数字输入信号转变为所要求的写入电流。

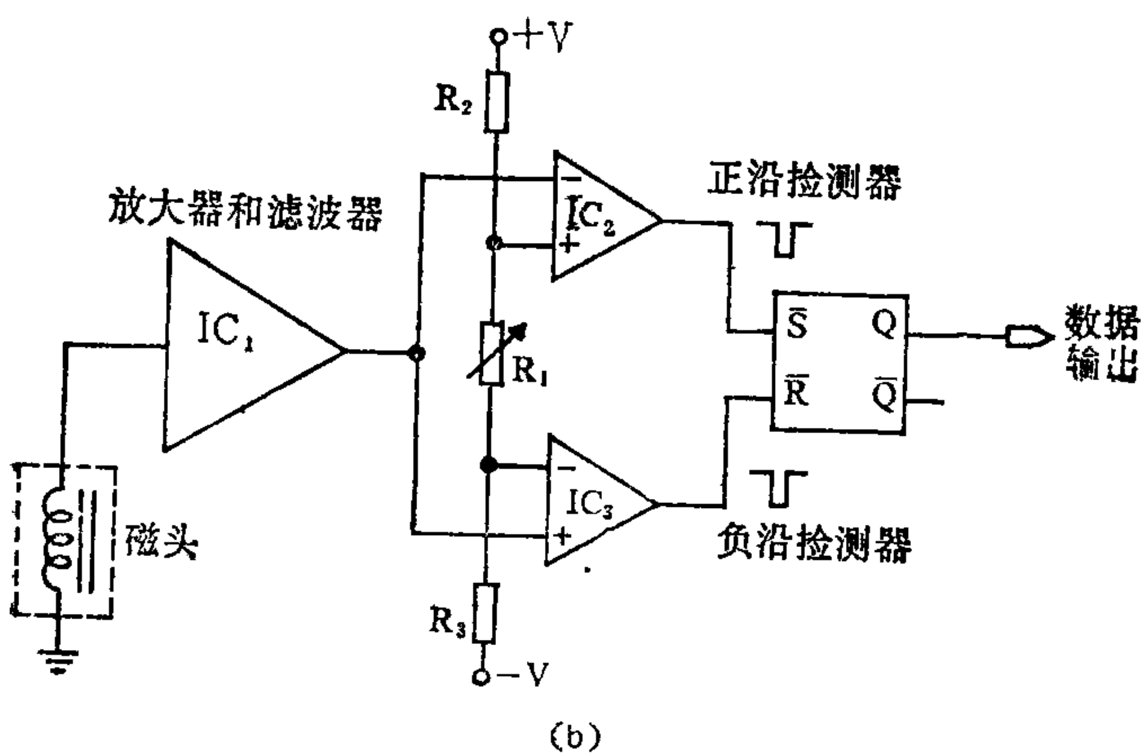
当V_{in}为2.4V左右，即TTL为高电平输入，D_1导通时，则齐纳二极管D_2的电压：$V_0=1.4-0.7-11=-10.3V$。当V_{in}为0.8V以下，即TTL为低电平输入，D_2导通时，则齐纳二极管D_1的电压：$V_0=1.4+0.7+8.2=+10.3V$。若R_1的值为2kΩ，则相应于这些TTL输入信号的写入电流为±5mA，这就足以使磁带饱和磁化。

在对所记录的信号重放期间，同一磁头也可用来从磁头上“读”信息。由于磁头基本上是一个电感线圈，所以只有当通过磁头的磁场（磁通）发生变化时，才能产生感生电压。这一感生电压与通过磁头的磁通的变化速度成正比。所以将方波电流加到写入磁头上，则磁带上就会产生相应的方波磁化力。那么，在重放时，磁头电压会呈现出与磁通变化方向相对应的正负交变尖峰，如图7-18（a）所示。

图7-18（b）所示的电路可以将磁头后部所产生的电压尖峰转变为与磁带上记录的原始数据相对应的信号。IC_1可将电压信号进行放大并进行滤波，以改善信噪比。IC_2和IC_3为门限检测器。IC_2可检测超过正向电压预定值的电压。IC_3可检测低于负向电压预定值的电压。R_1用来调节门限幅度，使之达到一个足够高的电平以使噪音减到最小。而这个电平足够低时，能捕捉所有有效磁通瞬变的尖峰。将这些检测器的输出加到一个常规的R-S触发器上，就重新产生了原始数据。电路中主要信号之间的关系如图7-18（a）所示。



(a)



(b)

(a) (b) 中直接数字数据磁带重放电路的主要波形

(b) 直接数字盒式磁带录音机的重放电路

图 7-18

还有一个重要的问题，就是在磁带上如何对数据进行编码，即磁带上的数据格式问题。这里的例子采用了所谓的NRZ（不归零）编码技术。这种方法是非常容易理解的。当然还有许多种记录方法，这里不再详述。

7.5 微处理器与磁带输入输出设备的接口

实现数据的串行传输有同步和异步两种方法。同步传输方法需要使用连续的字符流，它主要适合于对数据传输速度要求高而且数据存储密度大的应用。相反，异步通信技术适合于那些不要求连续传输字符而要求发送和接收电路成本比较低的应用。

虽然从加大数据在磁带上存储密度的观点来看，异步数据存储技术不是最佳的。但是，一盒60分钟的磁带仍可保存300k字节的数据。这样，这种异步方法完全可以满足大多数电子游戏机的存储要求。所以，在下面讨论如何使微处理器与盒式磁带录音机相连接的问题中，主要介绍异步数据传输方法。图7-19所示框图说明了接口问题的总体解决方案。

在盒式磁带上记录数据，先启动磁带，再将要记录的字送到发送器，在收到从处理器上来的控制信号后，发送器将8位数据字转变为串行数据流。磁带编码器电路再将这些数字信号转变为能够适合于磁带记录的格式。例如，可以采用前面已经讨论过的一种方法将信号转变为表示1和0的不同音调。

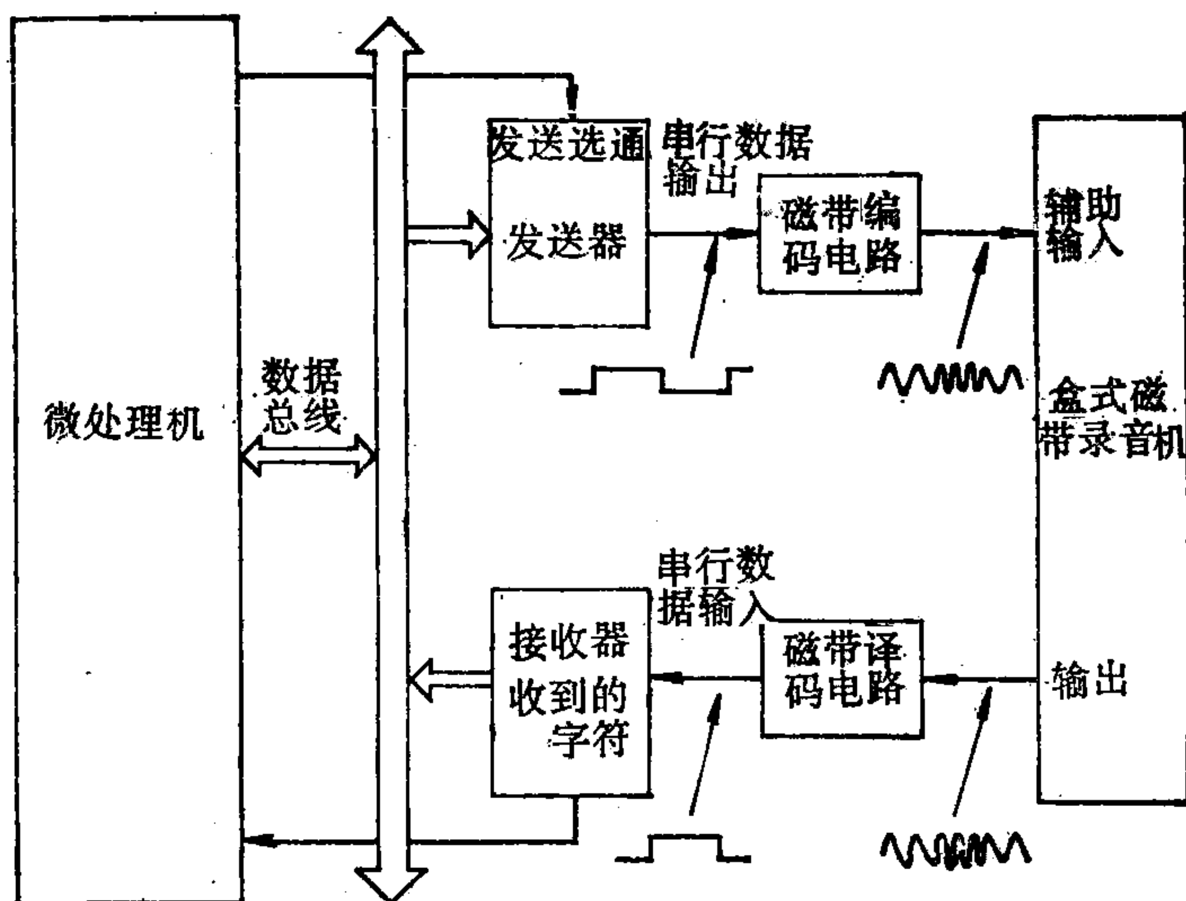
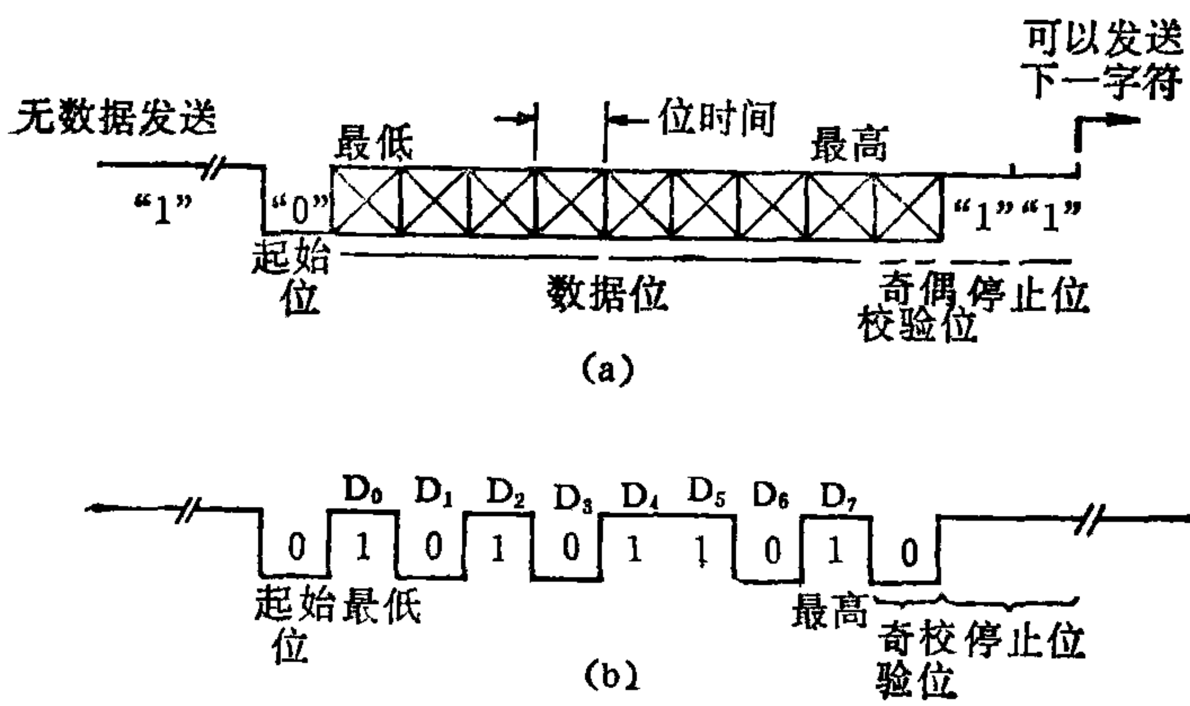


图 7-19 盒式磁带录音机与微处理器相连接

在重放时，磁带上的信号（在此例中是音调）被译码，再将它们转变回1和0的串行数据流并送入接收器，再转变回原始的并行格式。当接收器已收到一个完整的数据字时，它会向处理器发出信号，于是，字就被读到微电脑内。这一过程一直连续进行到所有的数据都从磁带上读完为止。

异步数据传输所用信号的一般形式如图7-20（a）所示。应注意，一次只能传送一个字符（字），时钟信息并不与该信号一起发送。另外，连续字符之间的间隔并不固定，可以任意设定。但是，至少在前一个字符结束到下一个字符开始之间应有一个合适数量的停止位。在发送器空闲时间，即在没有数据要发送的时间，输出保持于逻辑1（高电平）状

态。若要开始新字符的传送，则输出应变为逻辑0(低电平）状态达 1 位的时间间隔，这一位被称之为起动位，用来通知接收器开始传送新字符。起动位之后紧接着是数据位的传输，先传输最低有效位。根据要传输数据的类型，这部分信号可以是5～8位长，具体应视要求而定。在数据位之后，用户可以根据需要再增添一个奇偶校验位。为了将一个字符与下一个字符隔开，奇偶校验位之后必须有一个起动位。即在传输下一个字符之前必须返回到逻辑 1 电平。以这种形式的数据传输为例，来分析图7-20(b) 所给出的波形。在这个例子中，要传输的是 8 位数据字10110101。这里假设采用了一个奇偶校验位和两个停止位。



(a) 异步数据传输使用的一般格式　(b) 数据字10110101的异步传输所用的一个奇偶校验位和二个起动位

图 7-20

为了传输这类信号，必须将来自微处理器的数据字输出

送入某种类型的移位寄存器电路。当然还需要其它控制电路来传送一定的数据和起动位，并在信号中插入适当的奇偶校验位。但是，由于进来的信号是异步的，即可以在任意时间开始，所以需要专用电路来检测是否出现了起动位。一般来说，接收器的时钟应设定在高于数据位速度16倍的频率上。在检测到起动位时，接收器会等待24个时钟周期才能达到数据位D_0的中心位置，然后读入第一个数据位。每隔16个时钟周期再读入一个后续数据位。这样，利用高频时钟可以使发送器和接收器时钟之间相差5％，而不会产生任何数据传输错误。

从上述讨论可以明显地看出，要构成发送移位寄存器、控制和奇偶校验发生电路、接收器移位寄存器、控制和传输错误检测电路等将需要相当数量的数字逻辑硬件。所以，所有的这类硬件均已设计到通用异步收发信器（UART）的单片大规模集成电路中。

一种典型的UART框图如图7-21所示。这种器件是可编程序的。即利用外部连接，用户可以选择每个字符的数据位数量、停止位数量以及奇偶校验位的类型。将输入控制线连接到相应的高、低电平上，或者通过如图7-22所示的软件方法，可以将这一信息永久地硬连到UART上。在数据传送操作开始时，把寄存器看作输出端口并写入适当的数据就可以将UART控制寄存器预置适当的值。

在将UART与面向字节的微处理器进行接口时，一般使用8个数据位字符。在微处理器准备发送一个字符时，它会将信息加到数据总线上，并将“数据选通”线下拉为低电平（LO），以通知UART发送信息。当UART空闲而接收另

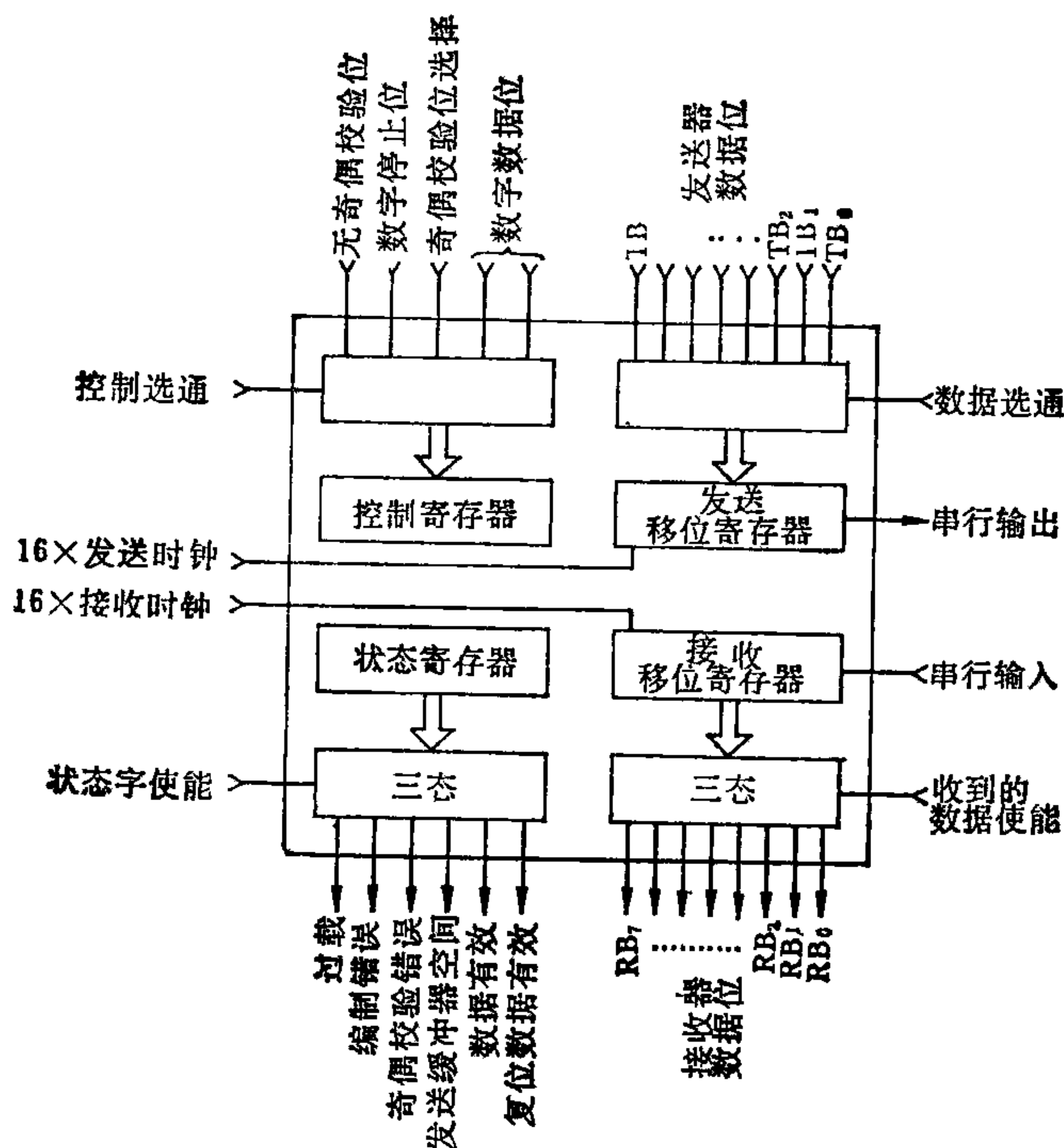


图 7-21 通用异步收发信器的基本结构

一个字符时，它通过使发送器的"缓冲器空闲"线置为高电平，将这种情况以信号表示出来。该信号往往被反馈到处理器，通知处理器UART准备好传送另一个字符。

在UART的接收器一端，进来的信号被送入接收器保持寄存器。在一个完整的字符移入UART时，它会使"数据有效"线置为高电平，将这种情况表示出来。另外，UART会产生一系列错误校验信号以检查是否正确地接收了字符。这些信号与接收器保持寄存器内所含的数据均通过三态缓冲器

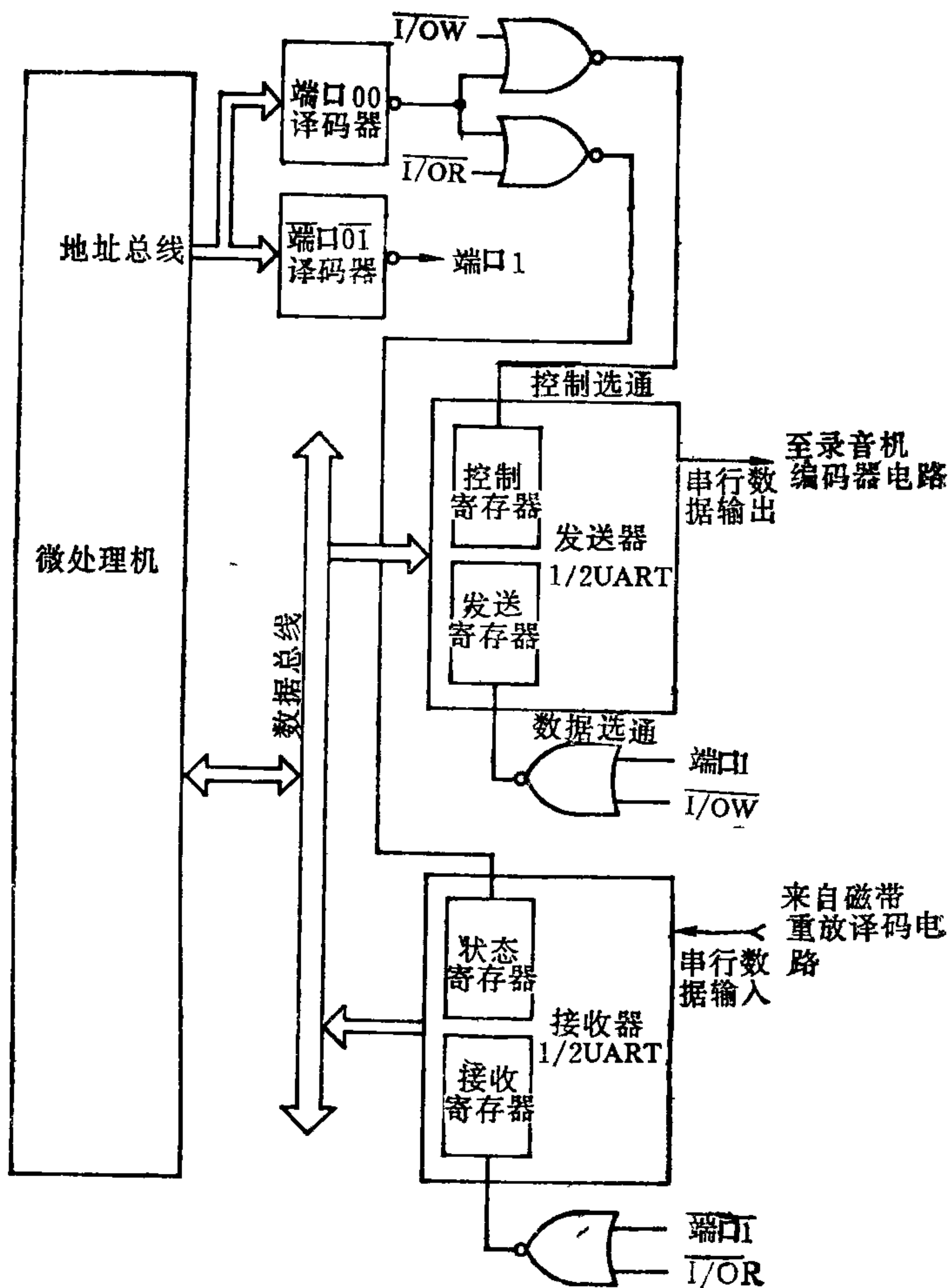
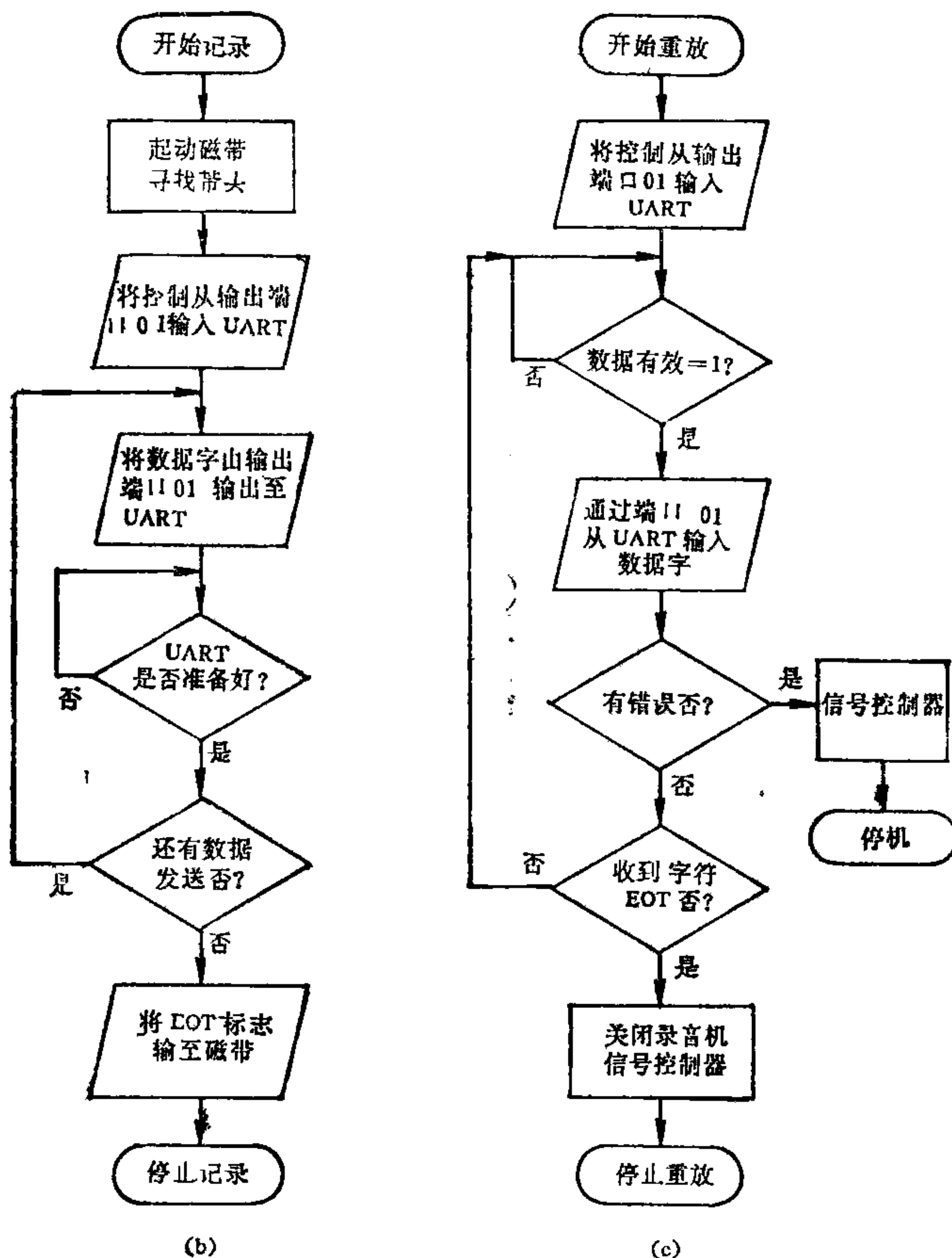


图 7-22　(a) UART与微处理器的连接



(b) 记录软件　　　　(c) 重放软件

图 7-22

被连到外界。这样，很容易与面向总线的微处理器相连接。

图7-22所示电路说明了UART与8080微处理器相接口的

一种方法。

图7-22（b）和（c）所示的流程图表明了用这种方法来构成磁带记录和重放系统所用软件的类型。这种系统采用前面所述的两种记录技术均能正常工作。

要想将信息写到磁带上，处理器首先向端口00输出一个控制字。该数据被送入UART的控制寄存器，并确定在记录后续数据过程中所使用的格式。然后，处理器将第一个数据字输出到UART。所产生的控制信号可以对UART的“数据选通”线加上脉冲。这条线可以将数据总线的内容送入发送器移位寄存器，并开始传送第一个字符。除非微处理器知道它没有使UART发生过载（即向它发送字符的速度很快），否则它应检查UART的发送器“缓冲器空闲”线，以保证在输出到端口01之前UART已准备好另一个字符。但是，如果UART有一个固定的时钟频率，那么可利用内部时间延迟子程序来保证处理器的数据输出速度不致于超过UART的能力。这样就可以使处理器省略上述的这种检测，这一过程一直进行到微处理器将所有的数据都传送完为止。而这时会传送一些诸如EOT（终止传送）等专用符号并记录到磁带上，以作为程序结束处的标志。

如果在磁带重放过程中从UART上读取数据，那么处理器会首先从输入端口00上读出状态寄存器的内容。当“数据有效”线变为高电平时，即表示一个完整的字符已位于接收器保持寄存器内，而处理器会从输入端口01上写入该数据来响应这一状态。这一过程一直进行到检测到EOT字符为止。这时，处理器会终止读操作。然后，处理器或者关闭磁带录音机，或者通过光线或蜂鸣器告诉操作者所有的数据均已从磁

带上读完。

利用UART来完成数据并-串行转换的方法是一种硬件方法。在下一章，还将介绍一种利用软件来实现这一任务的方法。采用软件方法，需要编写专用程序将内部的数据字传送到处理器，每次移出一位。或者相反，读出串行进入一条输入端口线的数据，利用软件来查错并且将其重新模拟构成8位数据字。实际上，通过适当的软件设计，可以省略磁带录音机的编码器和译码器电路。下一章还要介绍软件和硬件因素的权衡问题。

第 三 篇

第八章 微电脑在游戏机中的实际应用

这一章介绍在电子游戏机的设计中怎样应用微电脑技术。由于目前大多数电子游戏机都是使用标准电视显象管显示的，所以把重点放在通过微电脑手段进行显示的具体方法上。采用微电脑来设计游戏机，其最显著的优点是，往往可以用相同功能的软件来取代大量的硬件，从而可以降低生产成本。

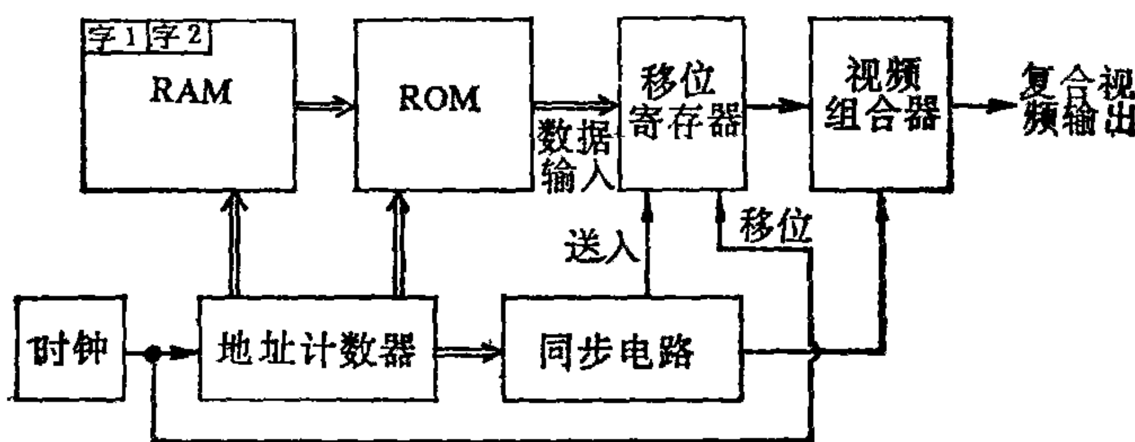
8.1 光栅扫描中的微电脑更新技术

从实质上说，一个由微电脑控制的电视显示器只不过是一个可以在阴极射线管（CRT）上显示一部分存储器内容的电路。所使用的存储字节数决定了分辨率，即存储数据所能提供的清晰度。这些数据决定了画面中所显示的具体图形。

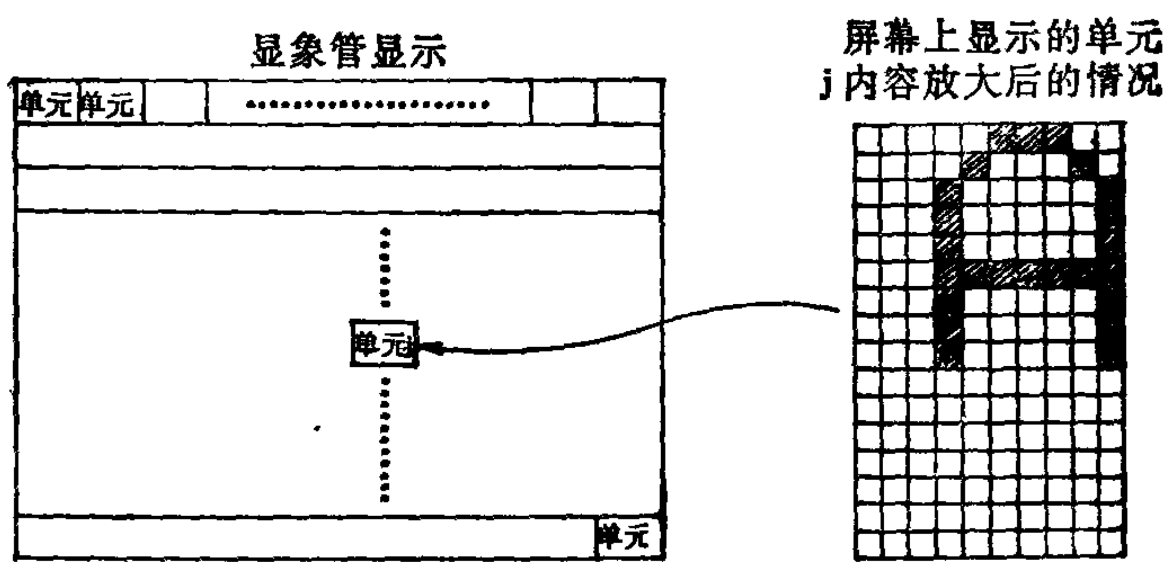
有些系统，例如美国无线电公司的“演播室Ⅱ型”电子游戏机，可以逐位地直接显示所存的信息。而其它类型的游戏机都是使用每个存储单元中所存的字来对只读存储器进行寻址，只读存储器内存有一组待显示的图形。由于一个字的存储器可用来产生一个任意长短和任意复杂程度的ROM字

符的字段，所以，一般来说，后一种方法可以更有效地利用有效存储空间。

图8-1（a）所示的框图说明了如何构成一种视频RAM电路的方法。这种电路采用了一个ROM字符发生器，从而可以产生一个具体的电视画面。如图所示，随机存取存储器（RAM）的所有N个字的内容可以直接映入显示屏幕的N个



(a)



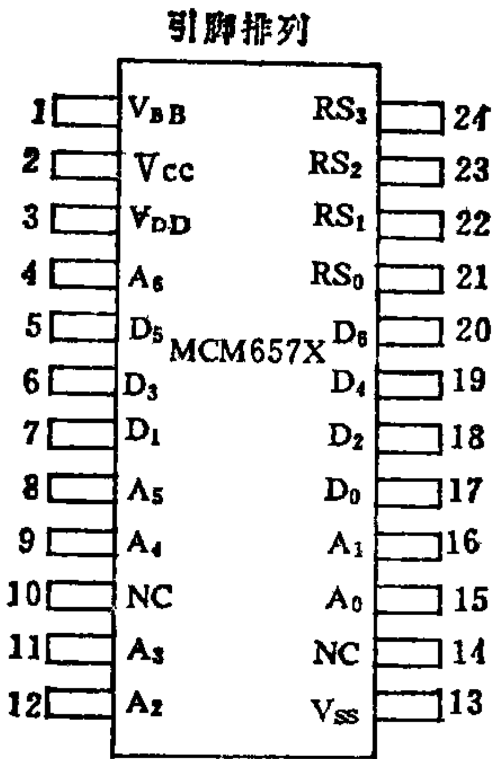
(b)

(a) 典型视频RAM框图　　(b) 显示器上视频RAM输出的映象

图 8-1　视频RAM显示器结构

视频单元。在屏幕上，每个单元内显示的实际图形是由RAM内所存的数据以及所使用的ROM来决定的。这样，所产生的最终画面可以含有字母数字或图形数据，或者二者兼而有之。

图8-2所示的具体ROM可以用于产生按标准7×9点阵形式排列的字母数字字符。为了产生一个具体的字母，可以将这个字符的 ASCII 编码送入数据输入线（$D_0 \sim D_6$）。例如，要产生字母A〔如图8-1(b)所示〕，则需要将数据1000001置入数据输入线。应该说明的是，虽然所产生的最后字符应符合于7×9点阵的形式，但一般来说，每个字符都以10×15单元的点阵显示出来。采用这种形式可以节省内部字符和互连线的空间。



(a) MCM6576——一种7×9点阵字符发生器ROM的引线排列

▼ 移位字符，了符移 3 位至字顶的 R_3 或字底的 R_{11} 处。

(b) MCM6576标准ROM结构

图 8-2

为了解典型视频RAM的工作原理，分析一下图8-3所示系统的操作。该系统是为了在一个常规的示波器上显示一个单个字符而设计的。图中所示的ROM与图8-2所示的ROM相同。尽管它不能直接地应用于电视游戏机，但它常常与系统一起使用以产生字母数字光栅扫描。如上所述，所选择的字符以10列15行的格式进行显示。对于前面所分析的字母数字的表示方法，这种格式中仅有7×9个点是可变的。对应于所选择的字符一次可用一行ROM输出数据。首先，所有的矩阵点并不同时都是可用的，而电视机的光栅一次只能扫描一行。所以，显而易见，实际上这种ROM完全可以胜任这个任务。

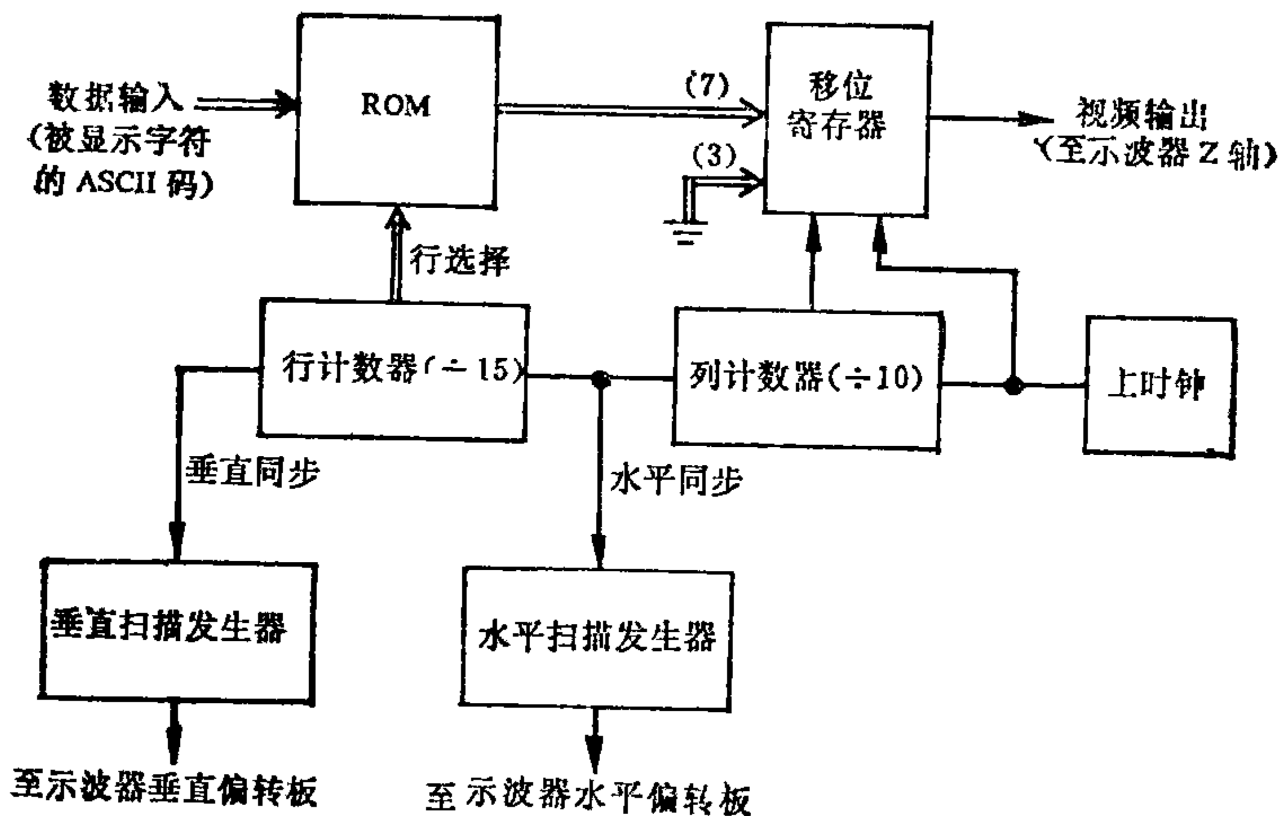


图 8-3 在示波器上显示一个单个字符

现在再回到图8-3上。假设ROM字符数据输入为

1000001，或者将字母A用ASCII编码送入，将电路所产生的垂直和水平扫描信号分别加到示波器的相应偏转板上。该电路的主要波形如图8-4所示。对于这个电路来说，每15条水平扫描线可产生一个完整的垂直扫描。这种关系便产生了具有15条水平扫描线的光栅。这些光栅的每一条被列计数器有效地划分成10列（或点位）。这样就形成了10列15行（或150个点）的总体栅格图形。

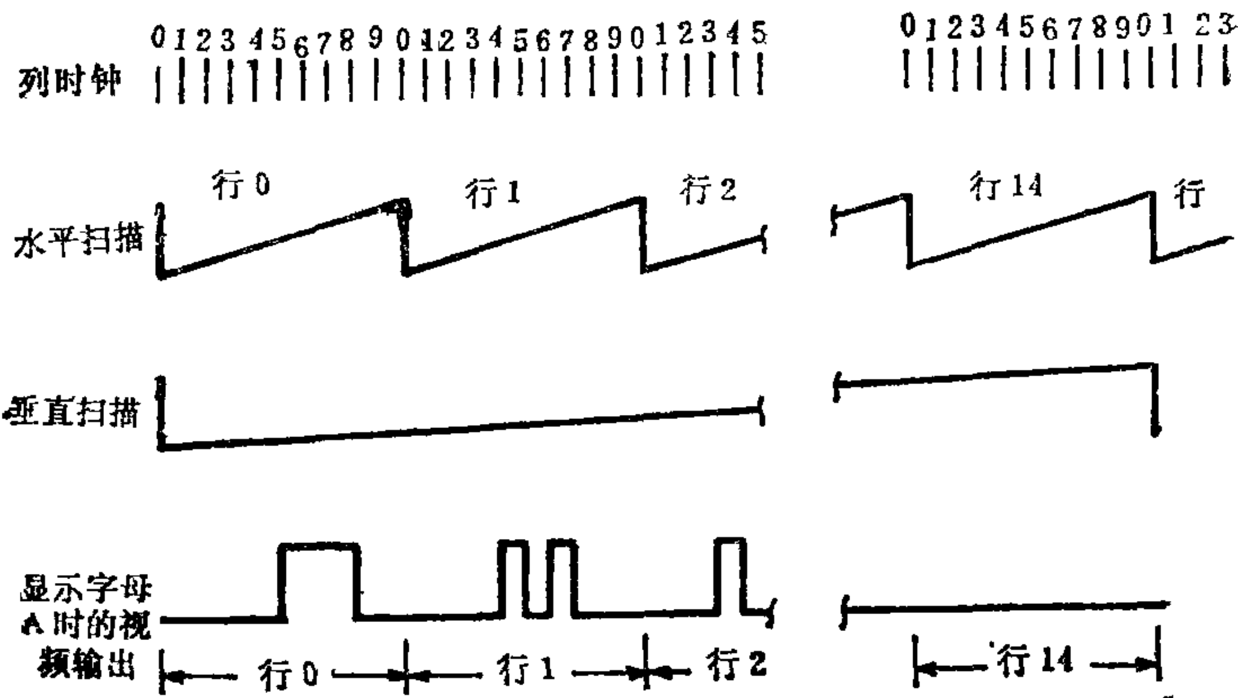
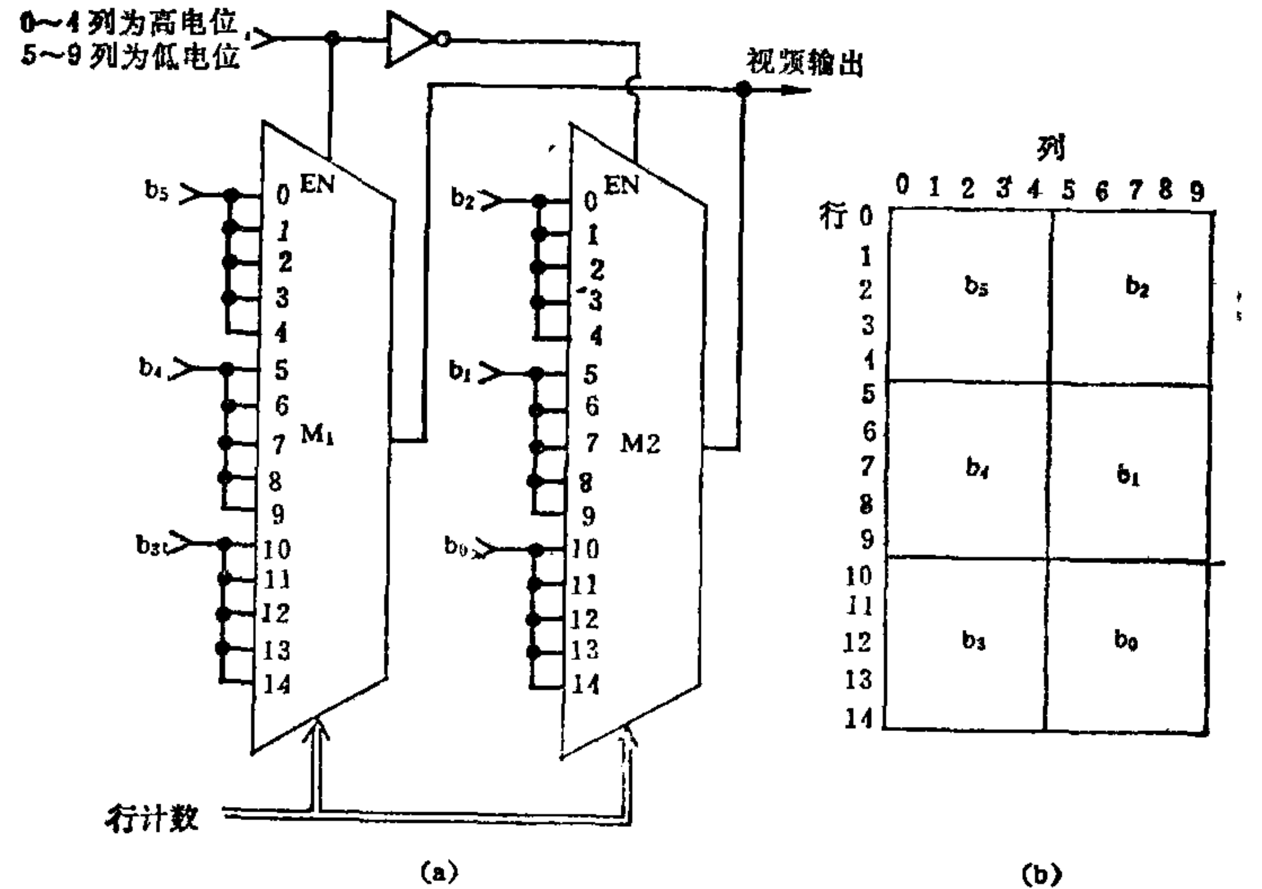


图 8-4 单一字符视频显示系统的主要波形

由于电子束是从屏幕的左上角开始扫描的，所以在每一个新图形开始时，行和列计数器均为0。由于行计数器含有一个二进制0000，所以ROM输出含有对应于A字符0行的数据，即0011100序列。这些输出与3个附加的0（见图8-3）被送入移位寄存器，每次移出一位，再送到示波器的Z轴输入上，从而对电子束密度进行调制。这里假设字符1使电子束接通，字符0则使电子束切断。被送入的3个0位与每一新

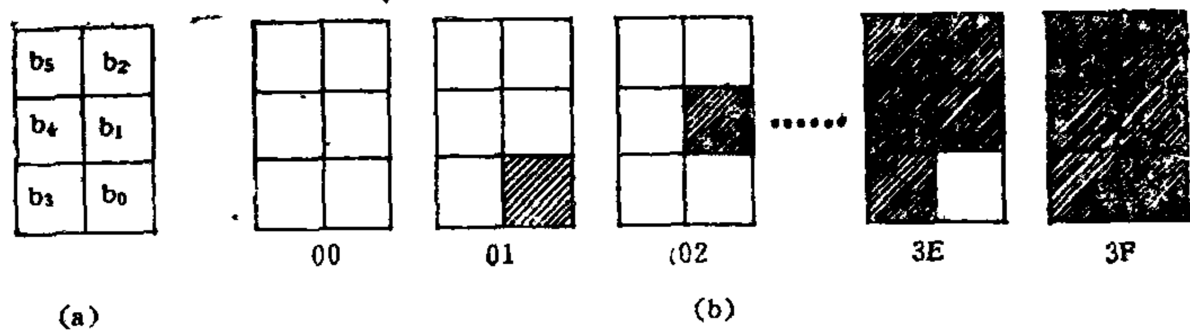
行开始时的ROM数据位可以使电子束熄灭，用做字符间的空隙。应注意，10列14行是由字符发生器自动切断的，从而产生了所要求字符的行间隔。

若前面所述的字符发生器ROM和移位寄存器电路由图8-5所示的类似ROM电路来代替，则可以使用相同的基本电路来实现图形显示。在这种显示方式中，每一个视频RAM单元都可以有效地被划分成3行2列的6单元矩阵，如图8-6所示。使用适当的输入编码，可以将这些单元（点）的每一个点独立地照亮或熄灭，以产生不同的图形格式。产生具体图形所要求的编码可以是那个图形所用的位单元值〔由图8-6(a)给出〕的二进制等效值。图8-6(b)和(c)说明了几



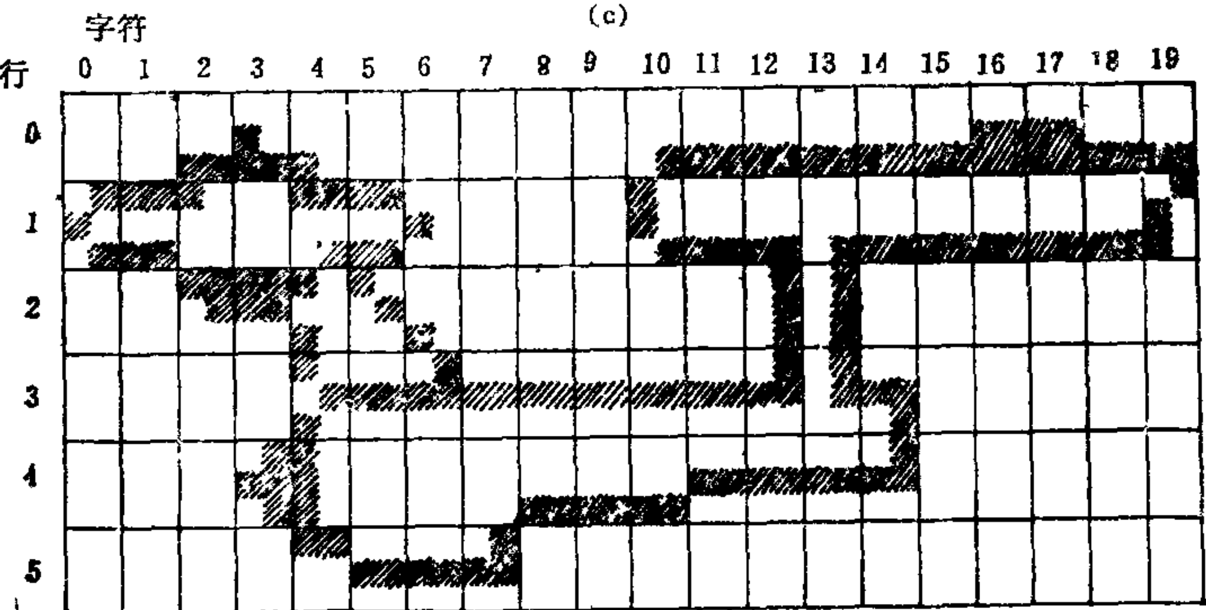
（a）图形ROM电路　　（b）由图形ROM的位输入控制的单元区域（引自多图形系统视频接口板）

图 8-5　图形“ROM”



行 \ 字符	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	3F	3F	36	26	37	3F	3F	3F	3F	3F	3E	30	36	36	36	36	24	24	36	36
1	2A	12	1F	3F	1A	12	2F	3F	3F	3F	0E	36	36	3E	36	36	36	36	36	23
2	3F	3F	19	09	17	12	37	3F	3F	3F	3F	3F	38	38	3F	3F	3F	3F	3F	3F
3	3F	3F	3F	3F	15	2D	29	2D	2D	2D	2D	2D	29	29	2C	3F	3F	3F	3F	3F
4	3F	3F	3F	28	07	3F	3F	3F	36	36	36	2D	2D	2D	29	3F	3F	3F	3F	3F
5	3F	3F	3F	3F	13	2D	2D	29	3F	3F	3F	3F	3F	3F	3F	3F	3F	3F	3F	3F

(c)



(d)

(a) 产生图形格式的位单元　　(b) 具体单元图形的十六进制编码　　(c) 产生 (d) 所示图形的视频RAM内容（注意 位单元为 0 使方块照亮，位单元为 1 使方块熄灭）
(d) 由 (c) 给定的视频RAM数据所产生的视频显示

图 8-6　用图形ROM来显示图象

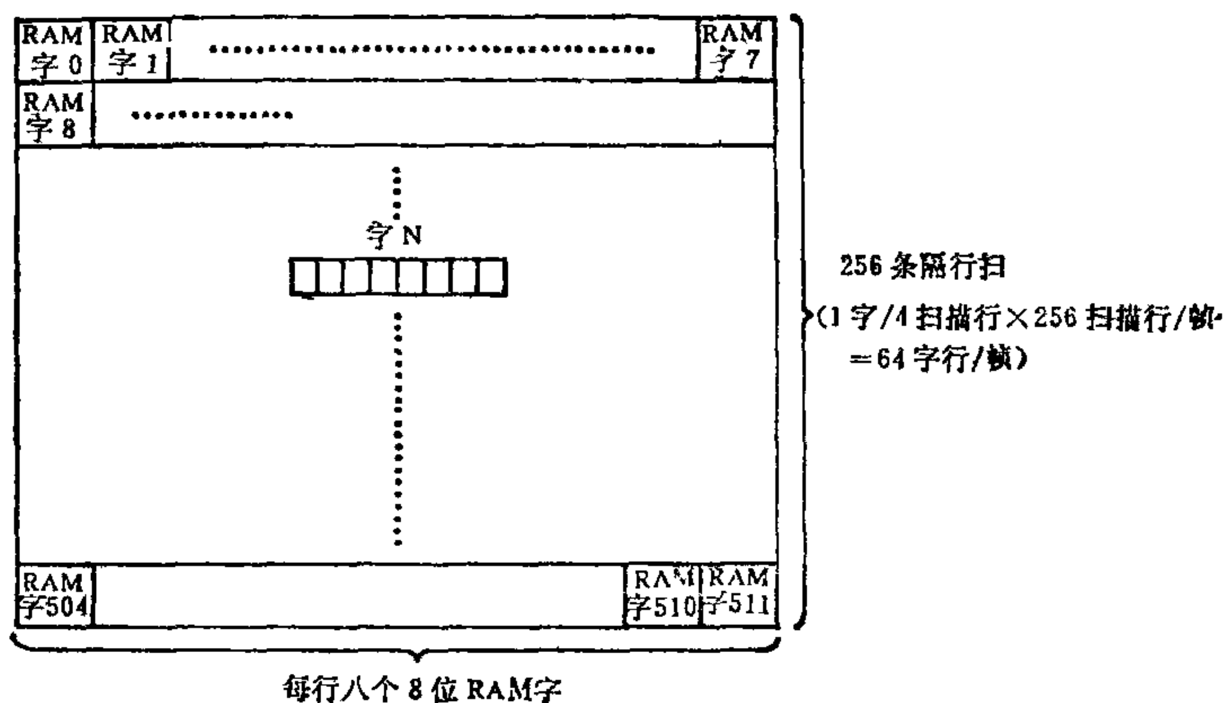
种特殊的单元模式。这些视频单元的一个阵列已经组成，从而形成了一个特殊的图象。

图8-5给定的图形发生电路是按下述方式操作的。为了产生图形，需要用到所有的10×15个点。当扫描到字符左侧（列0到列4）时，多路转换器M_1工作；当扫描到字符右侧（列5到列9）时，M_1被切断，M_2工作。按照特有的行计数，可以显示b_3或b_0（在行10到行14期间）。这种图形显示对于那些既要显示图形又要显示高质量字母数字的游戏机来说是特别有用的。

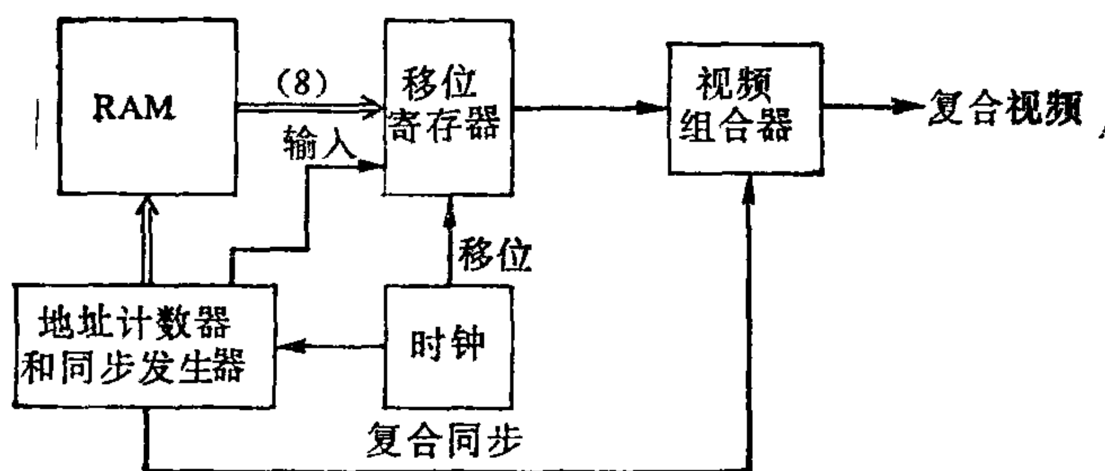
如呆游戏机不需要显示高分辨率字母数字，那么图8-7所示的一种更简单更便宜的图形显示方法就可以满足要求。这种方法可以省去字符发生器ROM，当需要显示字母数字时，可以使用一种低分辨率图形显示方法。视频RAM的每个字可按顺序逐位地在一条扫描线上进行显示。或者与一般情况相同，在一组扫描线上重复地显示几次。对于图8-7（a）中所示的具体显示，需要使用总共512个8位字的视频RAM。

这种显示器使用一种256行的非交错式光栅扫描，每个字行按4条扫描线一组重复地进行显示。这样，显示器上就产生了64个字行，每个字行含有8个8位RAM字，即总共显示64×64个点。对于目前的许多电视游戏机来说，已经证明这种分辨率完全可以满足要求。如图8-7（b）所示，这种直接视频显示器所要求的电路十分简单，所以它已成为目前流行的低分辨率电脑电视游戏机所普遍采用的方法。

要产生图8-1所示的完整的视频RAM光栅扫描显示，则需要一个附加电路，该电路可以在一行上产生多个字符，并



(a)



(b)

(a) 4096 (64×64) 点矩阵

(b) 直接视频RAM电路

图 8-7 直接显示RAM系统

且可以产生多行输出，从而组成一个完整的图象。图 8-8 所示的设计可以产生一个含有16个字符行每行有32个字符单元的字母数字和图形显示。为了能产生字母数字和图形数据，它

使用了一个标准 7 × 9 字符发生器ROM和一个如图8-5所示的图形"ROM"电路。RAM用来存放待显示的图形字符，每个字的b_7位用来决定所存的字（b_0到b_6）是否转换成一个字母数字或一个图形字符。为了产生完整的视频图象，图8-3所示的单一字符显示器已经附加了一个行和字符计数器。

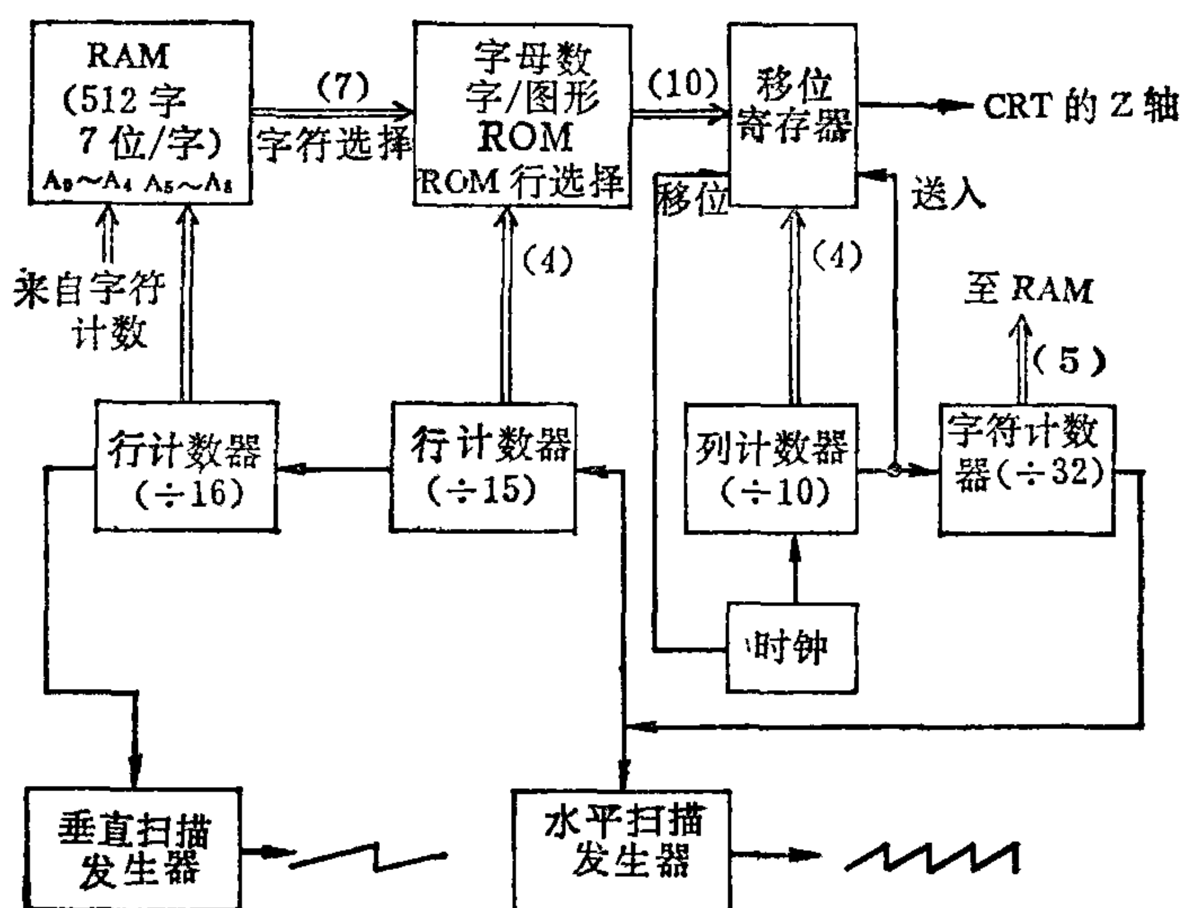


图 8-8　16行的字母数字图形数据显示系统，每行32个字符。

如前所述，在每一帧开始时，电子束是从屏幕的左上角开始扫描的。由于所有计数器的初始值均为 0，所以ROM首先从字 0 的数据开始寻址，并开始 0 行的扫描。然后，对应于 0 行的ROM输出数据被移入移位寄存器。在每一个后

续脉冲作用下，0排（0行0字符）的下一列输出被送到Z轴上，从而可对电子束的密度起调节作用。在前10个时钟脉冲以后，字符计数器加1，RAM的下一个字被寻址，开始0行上字1的输出显示。而列和字符计数器复位为0，开始显示0行的第2排。在第15排显示结束时，就显示出1行完整的字符。这样，行计数器加1，开始了第2行的显示。当所有行的显示完成以后，所有的计数器均复位为0，又重新开始这种显示过程。

要使显示内容能够变化，则视频RAM的内容必须是可变的。由于RAM属于显示系统，所以需要一个附加电路来提供写入RAM输入的数据。然后，或者在加"写"脉冲之前将转变为行和字符计数器的字地址锁定，或者通过多路转换器送入含有变化字地址的新地址寄存器。图8-9所示的电路说明了采用这种方法的电脑电视游戏机显示系统。

在一般的显示方式中，视频RAM是使用行和字符计数器进行寻址的。行和字符计数器也可以产生合适的同步和消隐信号来锁定屏幕上的图象，并且在回扫期间切断电子束。这样，对于这种操作方式，其系统性能与前述的视频RAM相同。

为了改变存储器的内容，处理器向显示电路发出一个命令，该命令在显示周期的适当时间能使多路转换器将视频RAM地址送入微处理器。这时，暂时在RAM地址总线控制下的处理器将必要的信息写入RAM的相应单元。为了避免在RAM内容更新时屏幕上会出现肉眼可见的闪烁，可在垂直扫描的非显示（消隐）部分执行这一步骤。这一技术与仙童公司的通道F电脑电视游戏机所使用的技术是非常相似的。

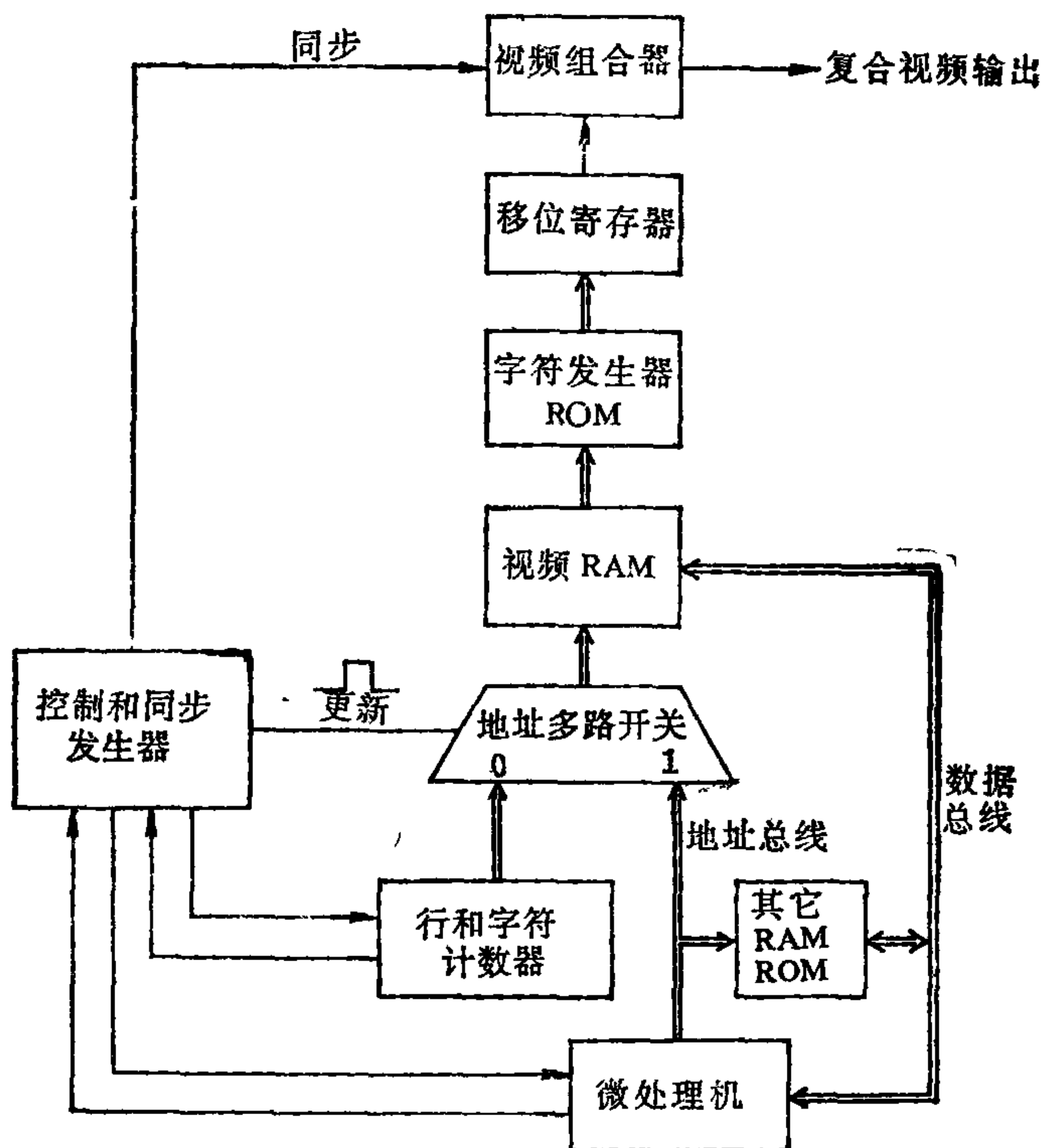


图 8-9 一种微处理器控制的完整视频RAM显示系统

在“演播室Ⅱ”电视游戏机（图8-10）中，图 8-9 所涉及的大多数硬件已经省略。其省略原因是，在与美国无线电公司CDP1802微处理器的连接中使用了专用视频显示器接口集成电路（CDP1861）。另外，CDP1802 具有内部直接存储器存取能力。除了产生所要求的同步和视频信息以外，接

口芯片还会向处理器发出直接存储器存取（DMA）请求，在每一新帧开始时启动一个RAM更新周期。在出现这种情况时，处理器会送出一个DMA中断子程序，并通过内部DMA硬件将整个RAM内容一次一字地送入接口芯片进行显示。在非显示的垂直和水平时间的间隔期间，处理器会从DMA方式返回来执行正常的数据处理和具体游戏机所涉及的RAM更新操作。

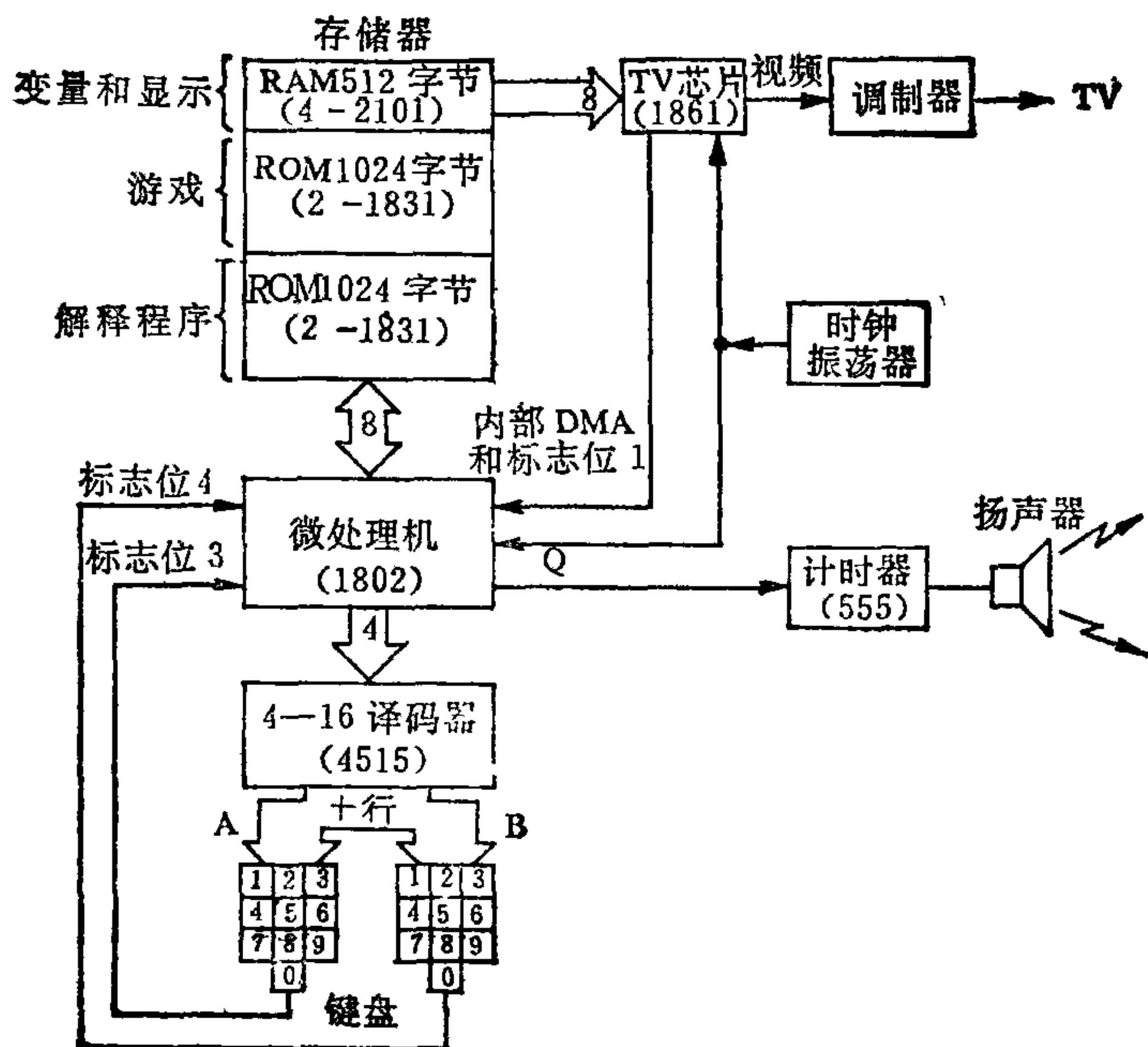


图 8-10 美国无线电公司"演播室Ⅱ"游戏机框图

8.2 硬件和软件的折衷

一旦将微处理器装入一台具体的电视游戏机中，就会在许多方面收到成效。其明显的优点是设计的通用性、游戏机的多重可用性以及便于更改具体游戏机的设计等。此外，还可以节省由常规的布线逻辑来完成同样任务所需要的大量集成电路，从而降低了成本。此外，还能够实现许多其它方面的节约，特别是系统的接口电路，可以用软件子程序代替硬件来执行相同的功能。

为了说明一般形式的硬件和软件折衷问题，下面介绍4个与电子游戏机设计有着密切关系的实例。

（1）操纵杆接口

为了能使游戏者控制屏幕上物体（如乒乓球拍、曲棍球拍、坦克、飞机以及弹子棒等）的位置，许多电视游戏机采用了操纵杆来进行控制。虽然其可靠性要比数字控制略低一些，然而图8-11所示的双电位器操纵杆的价格便宜，而且游戏者操作起来也比较直观，这是分离的数字控制所无法实现的。

图8-12所示的框图说明了如何通过全硬件方法使这种控制与微处理器相连，所产生的电压V_1取决于操纵杆的具体位置。该电压通过外部的模/数（A/D）转换器转变为数字等值。每一转换周期完成时，A/D单元通过DONE标志位向处理机发出信号。处理机一旦识别这一信号，就会将转换的数据直接读入它的一个输入端口。如果A/D单元的速度大大高于处理机的取样速度，那么就不需要DONE标志位了。A/D单元可以转变信号并等待处理机在另一转换开始之前取

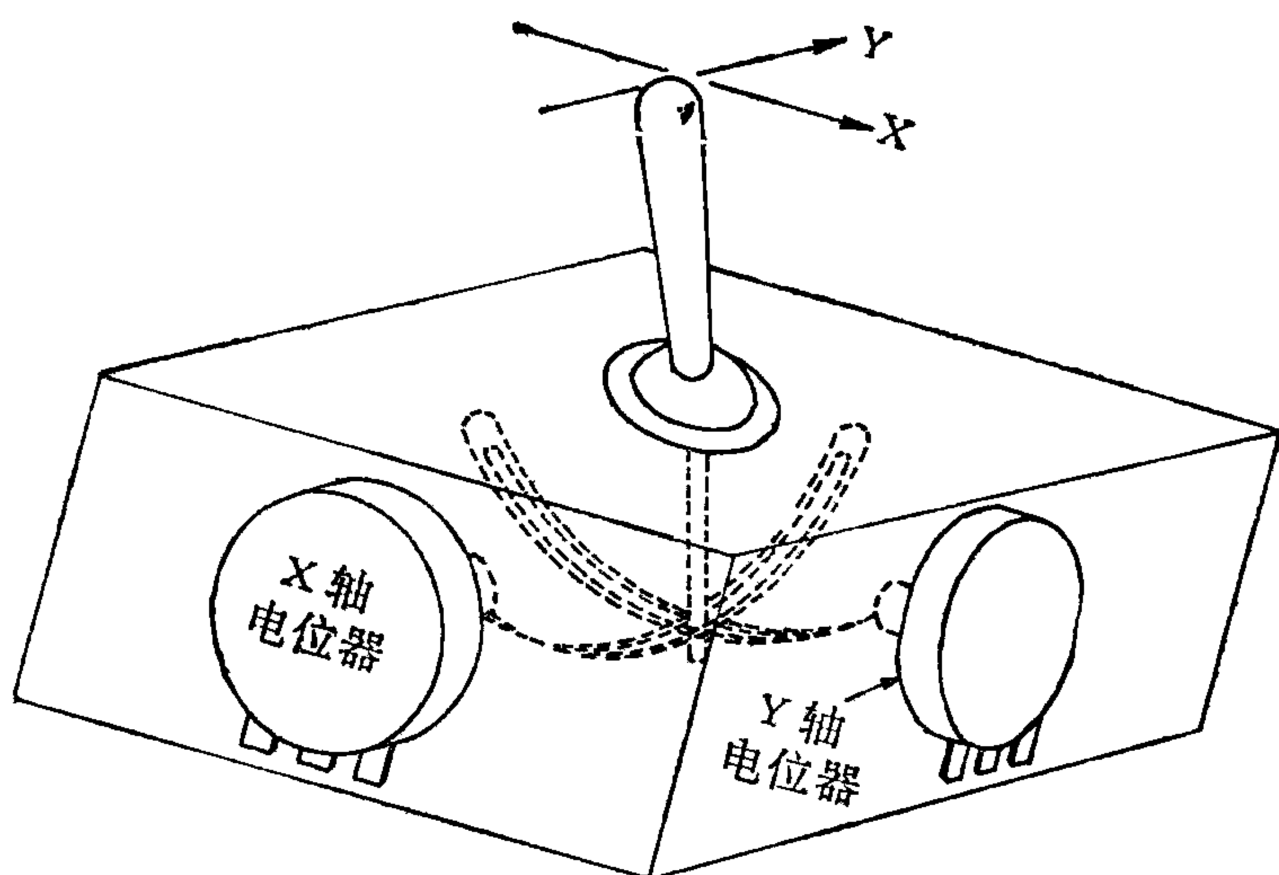


图 8-11 电位器操纵杆控制

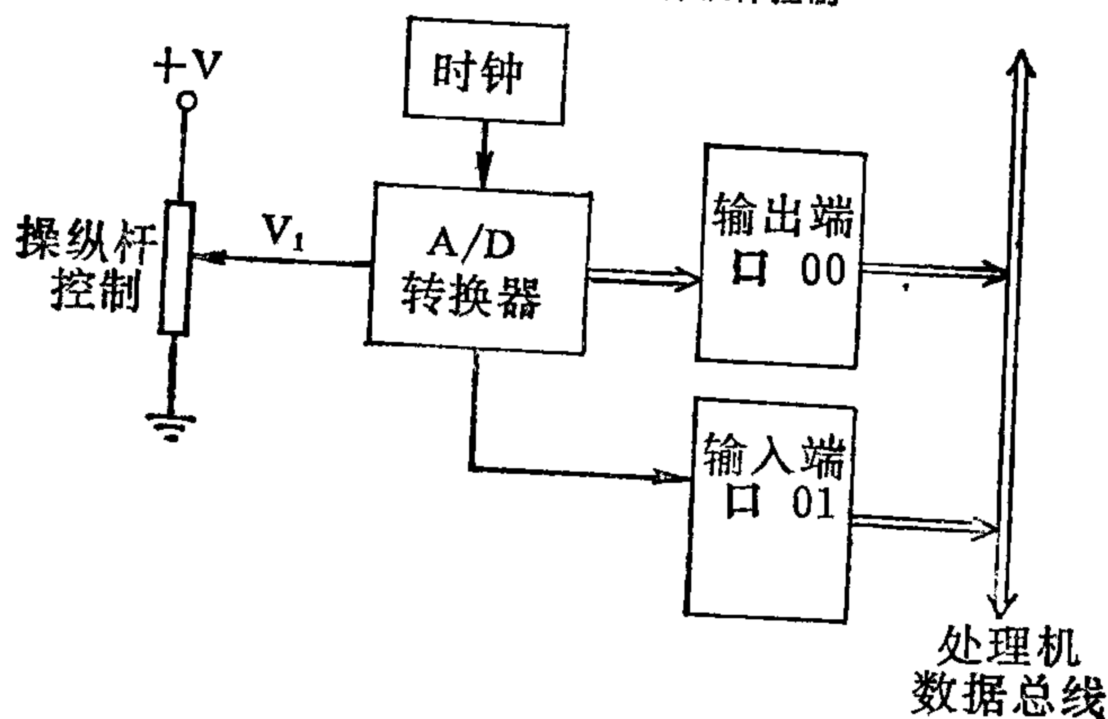
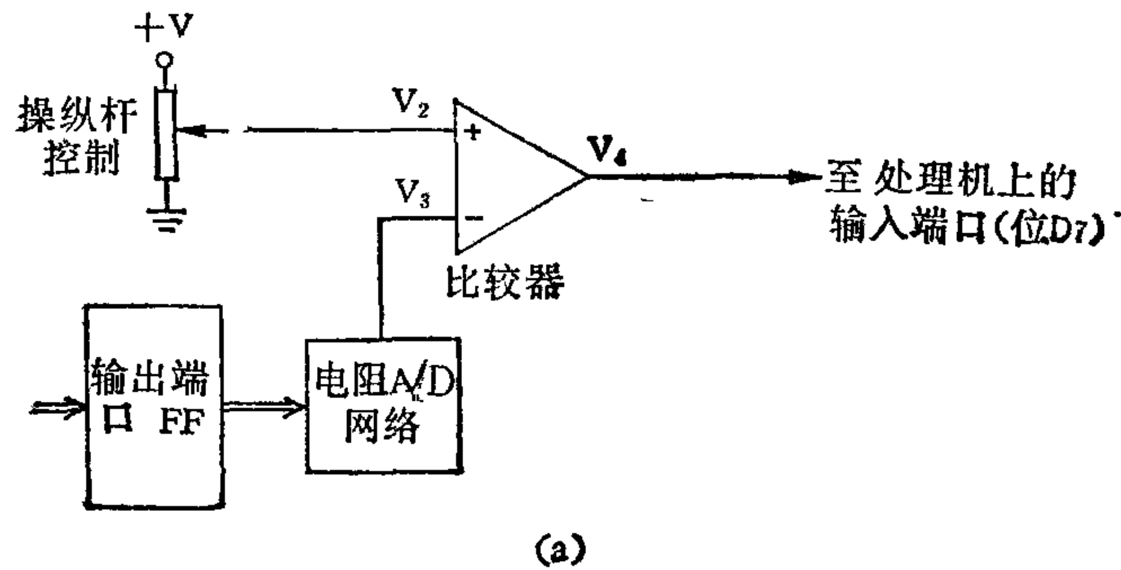


图 8-12 全硬件操纵杆接口

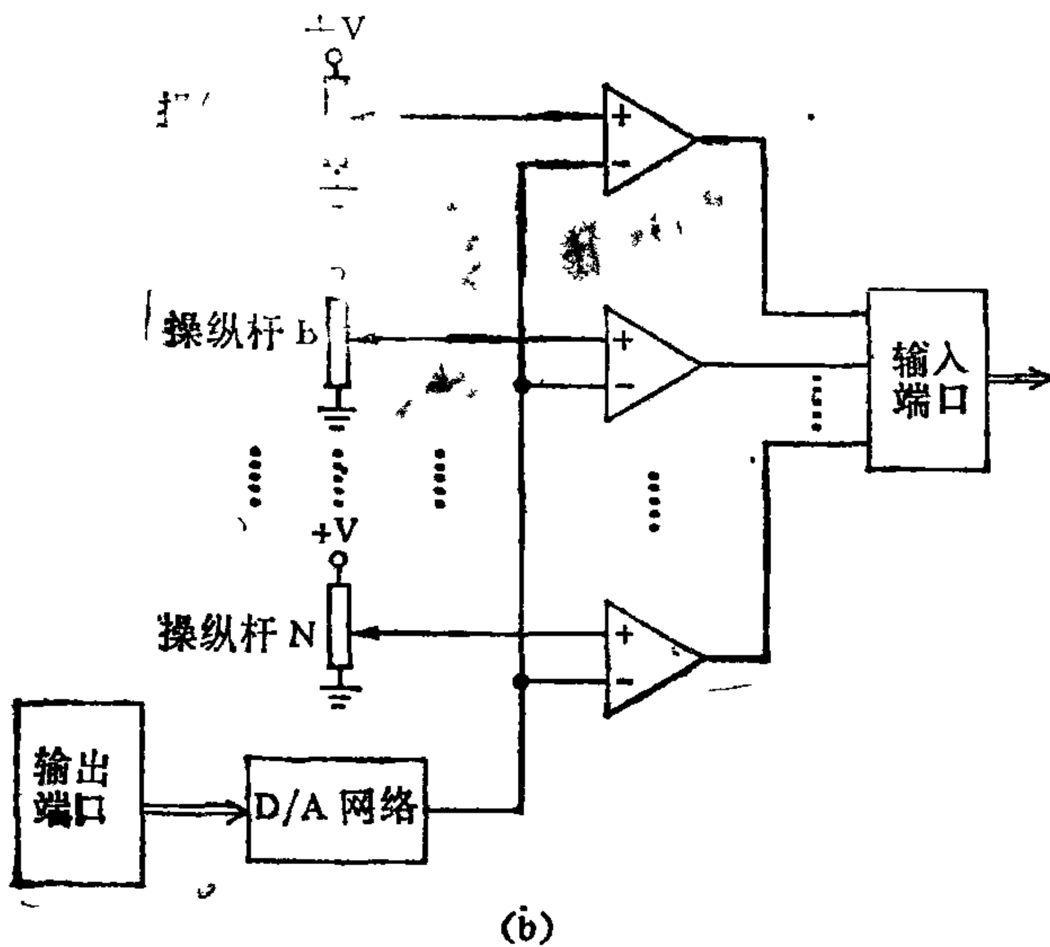
入这一数据。不论哪种情况，虽然执行过程比较简单，但这种转换方式需要大量的外部硬件，成本太高。所以在电子游

戏机的批量生产中不采用这种转换方法。

简化这种硬件的一种方法是在微电脑内执行部分A/D转



(a)



(b)

(a) 部分硬件、部分软件A/D转换器

(b) 将多个操纵杆与一个A/D转换器相连接

图 8-13 一种简化硬件的操纵杆接口

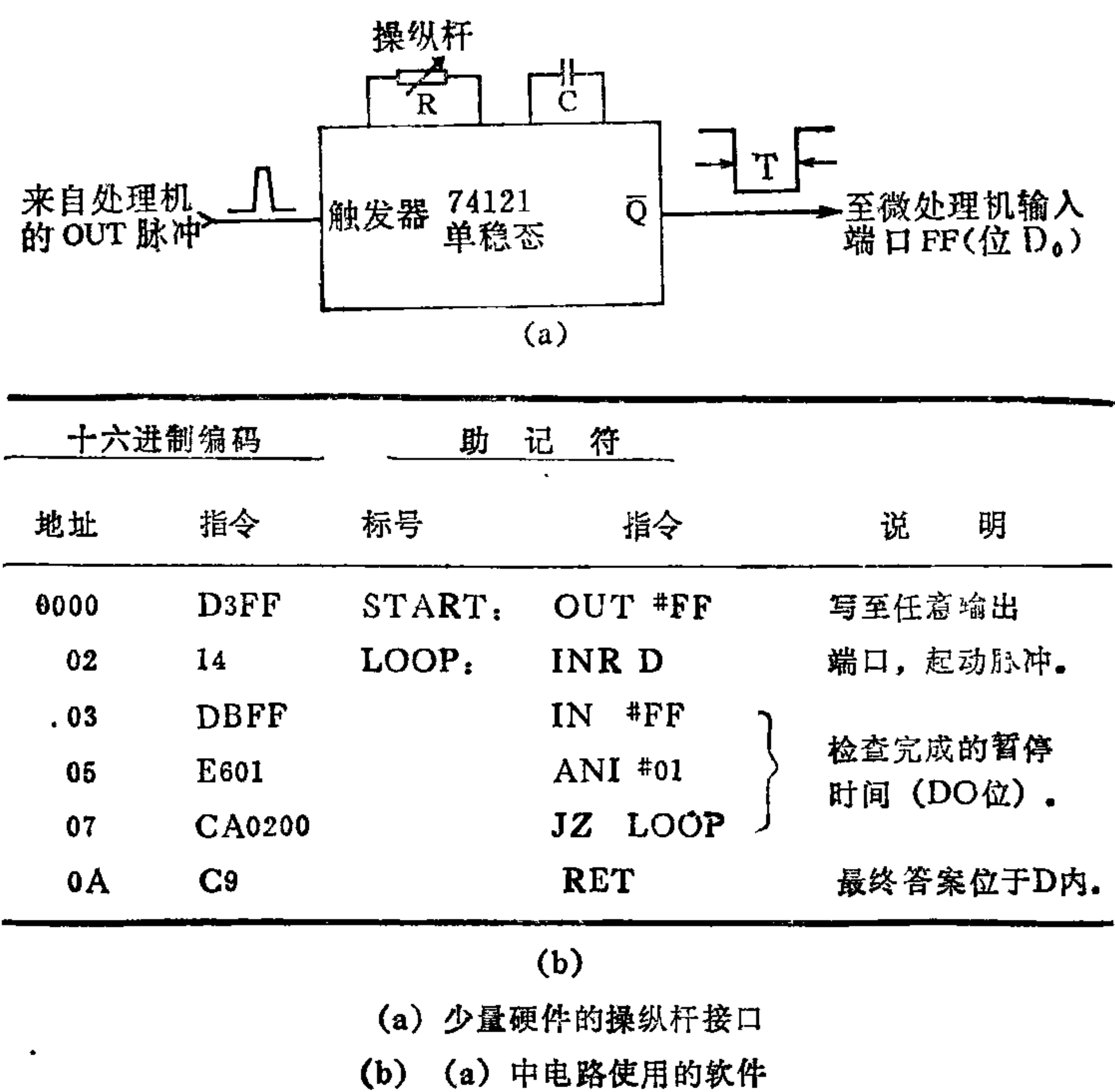
换。图8-13所示电路是一种典型的斜波式A/D转换器，其斜波发生过程是由微电脑控制的。为了启动一次转换，处理机将一个十六进制的00置入输出端口 FF。然后，这个数开始增量，同时连续不断地检测V_4（$\overline{\text{DONE}}$）线，看V_3是否等于V_2。随着V_3值的增加，最后会等于V_2。这时，比较器的输出会变为低电平（LO）。处理机在转换结束时会读出这一转换。这时处理机的累加器中就有了模拟输入电压V_2的数字等值了。图8-14示出了这种A/D转换的一例完整程序。

应注意，只要每个操纵杆控制器〔图8-13(b)〕上附加一个比较器就可以很容易地将图8-13（a）所示的基本转换器电路与多个操纵杆连接起来。另外，图8-13（a）所示的电阻式D/A网络并不很适用，可以由价格低得多的集成化积分电路来代替，用它可产生斜波电压。此外，后一种方法仅需要一个处理机的控制位，从而在每一转换周期开始时对积分电路复位。

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
0000	AF		XRA A	清累加器
01	3C	LOOP	INR A	
02	D3FF		OUT #FF	
04	47		MOV B、A	保存A
05	DBFF		IN FF	检查D_7
07	E680		ANI#80	
09	78		MOV A,B	送回
0A	CZ0100		JNZ LOOP	（标志位不受影响）
0D	D3FF		OUT #FF	显示结果
0F	76		HALT	停机

图 8-14 用于图8-13(a) 所示硬件的软件

图8-15说明了解决操纵杆问题的另一种完全不同的方法。这种技术仅需要极少的硬件，并使用操纵杆控制由74121单稳态触发电路所产生的脉冲宽度。这一脉冲的产生是由处理机执行一次OUT操作（即对任一输出端口进行写操作）时启动的。此后，处理机保持于计数循环，直到从单稳态触发电路收到一个DONE信号为止。在这种方式中，D寄存器〔图11-15（b）〕中的最终计数与操纵杆电阻R成正比。



(a)

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
0000	D3FF	START:	OUT #FF	写至任意输出
02	14	LOOP:	INR D	端口，起动脉冲。
.03	DBFF		IN #FF	检查完成的暂停
05	E601		ANI #01	时间（DO位）.
07	CA0200		JZ LOOP	
0A	C9		RET	最终答案位于D内.

(b)

(a) 少量硬件的操纵杆接口

(b) (a) 中电路使用的软件

图 8-15

（2）键盘接口

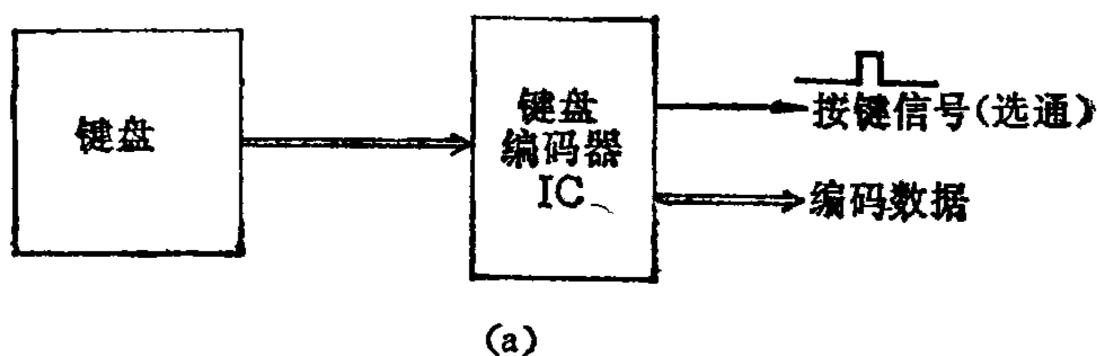
由于对电子游戏机接口控制的处理可以不必过于精细，所以在目前的低档游戏机中，可以用键盘或某些类似于操纵杆开关机构的等效控制部件来取代电位器操纵杆。其两个具体实例可分别参见“演播室Ⅱ”和仙童公司的“通道F”游戏机。

键盘和开关与电阻型操纵杆相比，其主要优点在于增加了可靠性和通用性，而且与电脑游戏机的连接更加方便。与用上述操纵杆的接口相比，用键盘和开关是以增加软件费用来节省大量硬件的。

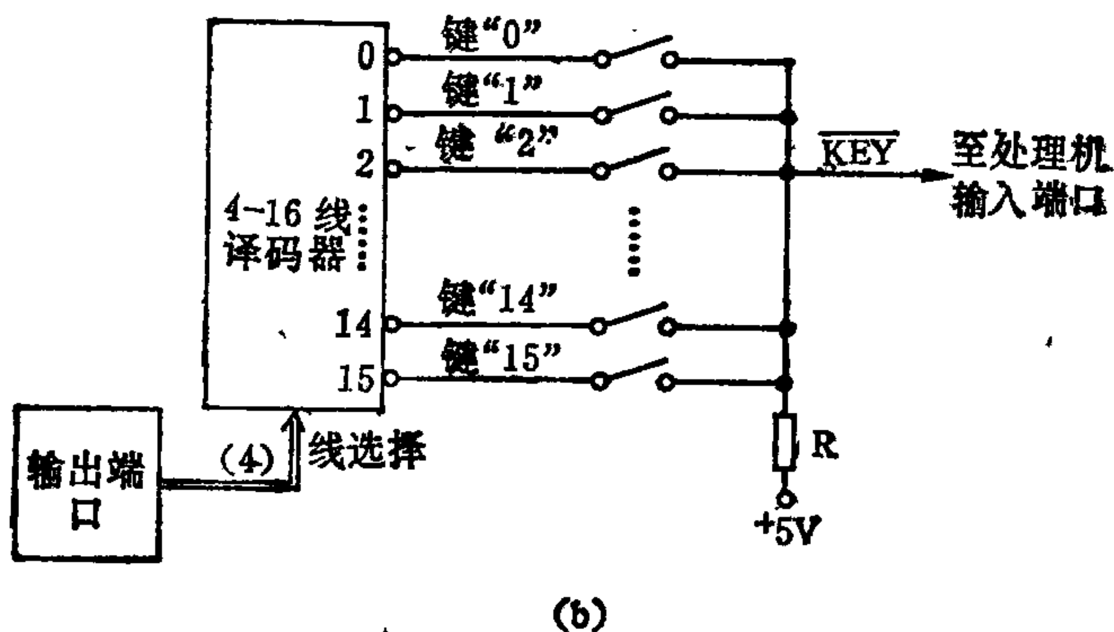
图8-16（a）所示框图说明了一种更加通用的将键子按动信息编制成二进制等价编码的方法。这些专用键盘编码集成电路除了可以对数据编码以外，还可给出键子不弹起信息，即可消除因多个键碰撞（同时按下）而引起的错误输出。遗憾的是它们的价格十分昂贵。图8-16（b）所示电路在键盘编码中大大有助于省去处理机所涉及的大多数硬件。

这种电路的操作可解释如下：在没有键子被按下时，由于处理机连续地检测着每一条键子线〔见图8-16(b)〕，所以$\overline{\text{KEY}}$线上可以连续地获得高电位（HI）输出。一旦有一个键被按动而且处理机通过信号分离器对该线进行检测，那么$\overline{\text{KEY}}$线上就会出现低电位（LO）。这时处理机将等待片刻以待键子弹起，并检查所有其它键是否碰键。如果不存在其它键的碰键情况，则就会产生并选通被按动键的二进制等价码。

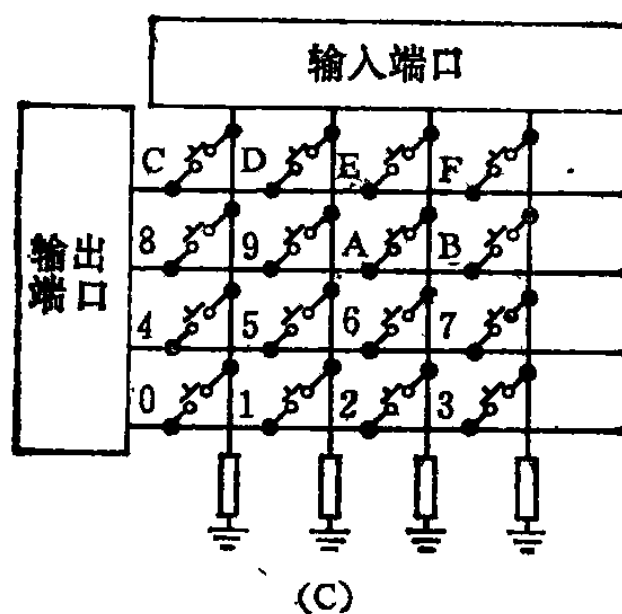
这种电路的硬件进一步简化可以这样实现，即用图8-16（c）所示的键盘矩阵形式来取代前面例子中所用的各个开



(a)



(b)



(C)

(a) 全硬件　　(b) 部分硬件　　(c) 极少硬件

图 8-16　键盘与微处理器的连接

关触点。有了这种键盘，整个编码操作就可以用软件来执行了。这样，可以使所需要的硬件减到最少。

如前所述，在其静止方式中，处理机不断地检查各个键看其是否被按动。然而，在这种情况下，扫描操作是由处理机一次对一行发出脉冲来实现的。然后检查列线是否有非零输出。一旦在列线上检测到高电平，那么处理机就会进入等待键子弹起的状态。然后再检查所有其它键，以防止出现碰键现象。如果不存在碰键现象，那么键子按动信息就是有效的，数据就被送入处理机。

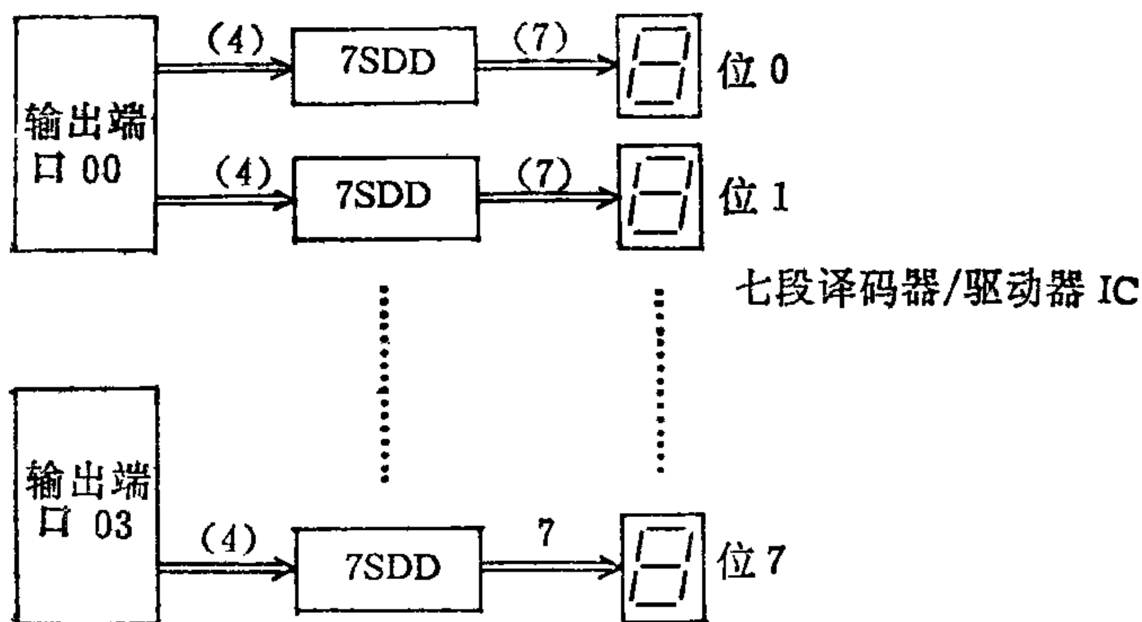
（3）数位扫描

在非电视显示的电子游戏机中，游戏节目显示多为七段发光二极管显示器。在这种情况下进行接口，可采用增加软件费用来节省大量硬件的办法。

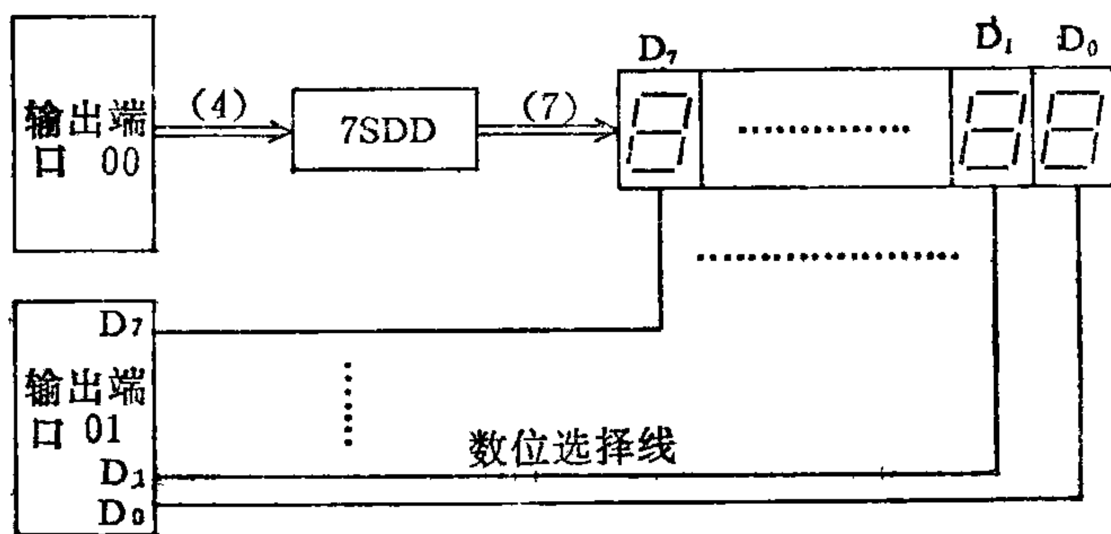
图8-17（a）所示电路是一种微处理器与8数位发光二极管显示器进行接口的常规方法。该系统需要4个8位输出端口和8个七段译码器驱动器集成电路（图中的7SCD）。可以采用一种节省硬件的扫描方法来解决这个问题。使用这种技术，每个发光二极管交替地发光，并以一个足够快的速度重复地进行着扫描操作，使发光二极管的所有数位显示同时发光。图8-17（b）所示电路为8位数字显示器与微处理器的连接方法。

在ROM中存放的数字编码信息可以实现硬件的进一步简化。使用这种方法，连接8数位显示器与处理机时仅需要两个输出端口，除了限流电阻以外，不需要附加其它硬件。

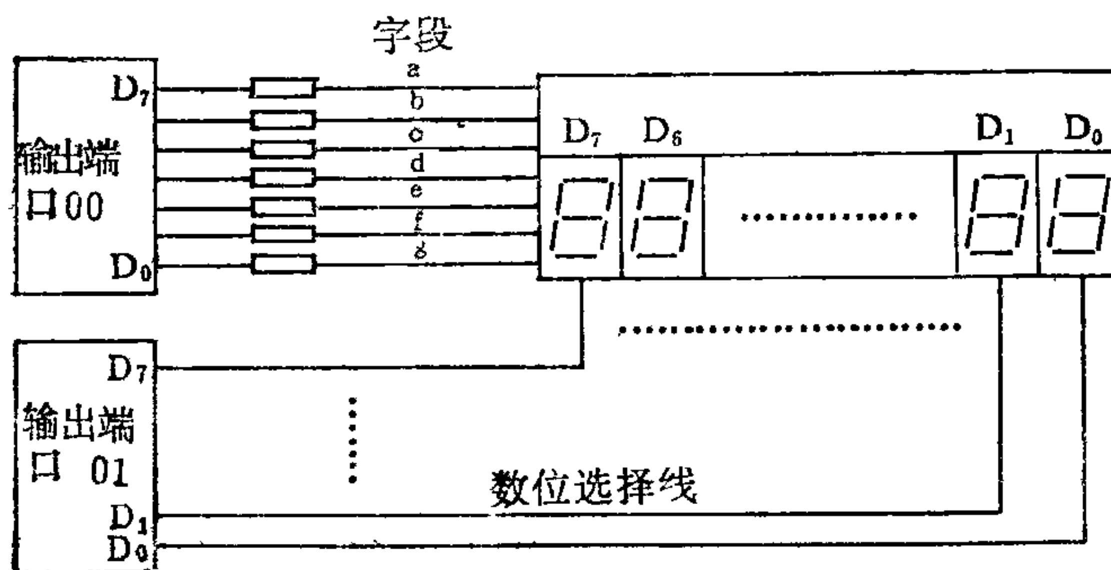
产生这类显示的完整软件示于图8-18。为了方便起见，图中仅示出了两位数的情况。但稍加修改就可以将该程序扩



(a)



(b)



(c)

(a) 非扫描式8数位发光二极管显示器　(b) 扫描式发光二极管显示器　(c) 硬件极少的扫描式8数位显示器

图 8-17　多数位七段发光二极管显示器与微处理器的连接

充，使其可以显示任意多的位数。与该程序相关的硬件连接如图8-17（c）所示。

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
0000	2600	START:	MVI H#00	假设A中显示的是2位数字
02	47		MOV B、A	保存A
03	E60F		ANI #0F	除去高有效位半
05	C630		ADI #30	为D_0形成查表地址
07	6F		MOV，L、A	
08	3EFF		MVI A、#FF	熄灭所有数位
0A	D301		OUT #01	
0C	7E		MOV A，M	查七段
0D	D300		OUT #00	编码
0F	3EFE		MVI A，#FE	接通D_0
11	D301		OUT #01	
13	78		MOV，A B	调用原来数，除
14	E6		ANI #F0	去最低有效位半
16	07		RLC	将高位半
17	07		RLC	移至低位半
18	07		RLC	
19	07		RLC	
1A	C630		ADI #30	
1C	0F		MOV L、A	
1D	3EFF		MVI A，#FF	熄灭所有数位
1F	D301		OUT #01	
21	7E		MOV A，M	为D_1查七段
22	D300		OUT #00	编码

续

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
24	3EFD		MVI, A, #FD	接通D_1
26	D301		OUT #01	
28	78		MOV A.B	
29	C30000	4F	JMP START	
0030	3F065B	07		译码表
34	666D7D	4C		
38	7F6777	71		
3C	395E79			

图 8-18　图8-17（c）所示数位扫描硬件所使用的软件

根据程序所给的说明，可知它使用了对应于待显示的十进制数据，以形成7段查表的地址。然后，字符的相应7段编码被送到输出端口00的位D_0到位D_6。而输出端口01中的位D_0和位D_1中的数决定了两个数中哪一个发光。

现在再回到8个数位的情况。在这种情况下，输出端口01的所有线均与显示器上的数位选择线相连。下面举例分析一下在显示器数位6上显示“3”所需要的步骤。开始时，端口00中的数据是变化的。将一个FF送到端口01使所有数位的显示瞬间熄灭，以防止数位模糊。然后，用“3”来形成适当的ROM地址（在这种情况下是0033），其内容被送到输出端口00。这样，一个十六进制编码的01001111或4F会使选定数位上的a、b、c、d及g段发光。这样，就形成了“3”字。

为了选择数位6，可将一个10111111或BF送到输出端

口01。这样，可以使这种普通阴极射线管中除了数位6以外的所有数位均熄灭。按同样方法，可以使显示器上的其它数位发光，即直接使输出端口01中的一个0循环通过所有二进制位，同时在端口00上提供待显示的信息。由于这种扫描操作是以高速进行的，所以所有数位会同时发光。

（4）一种软件通用异步收发信器

在前面引入了通用异步收发信器（UART）的概念，这种功能很强的器件可以使串行发送和接收数据所需要的硬件减到最少。图8-19（a）所示的程序说明了用软件来取代这种通用异步收发信器的方法。该程序仅打印出了取代通用异步收发信器的发信功能。当然，也可以写出取代其接收部分的程序。

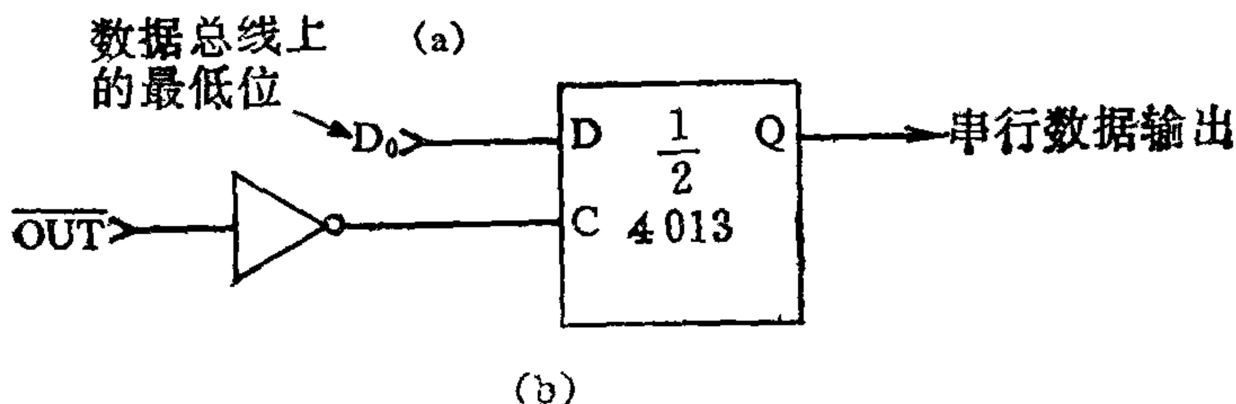
如图所示，在发送一个字符时，计算机首先送出一个0启动位，延迟9.09ms，将待发送的字送入累加器。然后，将第一位送到一个单一位的输出端口。在每次9.09ms的延迟以后，后续位被循环转变为累加器的最低有效位（LSB）并送到输出端口直到整个字发送完为止。该数据后面跟着两个延续时间为9.09ms的停止位才能完成整个字符的发送。由于每个字符均含有延续时间为9.09ms的11位，所以在这种情况下，最大的发送速度为每秒十个字符。

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
0040	0608		MVI B, #08	启动位计数
42	AF		XRA A	清累加器
43	D3FF		OUT #FF	传送启始位

续

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说　明
45	CD6000		CALL DELAY	
48	79		MOV A、C	
49	D3FF	NEXTBIT	OVT #FF	传送数据
4B	1F		RAR	
4C	05		DCR B	
4D	C24900		JNZ NEXTBIT	
50	3EFF		MVI A、#FF	
52	D3FF		OUT #FF	
54	CD6000		CALL DELAY	
57	CD6000		CALL DELAY	
5A	C9		RET	
0060	11E502	DELAY.	LXID、#02E5	对D送02，对E送E5或245 10
63	1B	LOOP:	DCX D	
64	7B		MOV A、E	检查是否全为0
65	B2		ORA D	
66	C26300		JNZ LOOP	
69	C9		RET	

(a)



(b)

(a) 一种用软件的通用异步收发信器程序
(b) 软件通用异步收发信器所需要的硬件
图 8-19

8.3 视频效果的微电脑控制

屏幕是游戏者与游戏机的主要连接媒介，所以图象的质量和变换能力及种类等在很大程度上决定了一部具体游戏机总的成功程度。当然，微处理器在存放、管理及控制数据方面所表现的固有能力使得它已成为制作更复杂电子游戏机的最佳控制部件。

在这一部分将讨论微电脑在产生各种视频效果中的作用。以及怎样用微处理器来模拟一个物体在屏幕上进行运动。例如，为了使人们对一个具体物体引起注意怎样使它在屏幕上闪动，怎样使一个物体在屏幕上旋转，怎样模拟物体在遇到障碍物或飞弹时产生跳跃等。最后，还要将彩色加到显示器上。

在此，仍然假设显示器接口是一个每根线能产生64个字符的16线视频RAM。每个字符单元可以认为是由图8-6所示的 6 点矩阵构成的。

为了在屏幕上产生运动，仍采用系统按顺序发出一系列静止图象的办法。当闪现的速度非常快时就实现了物体在屏幕上的闪动。

图8-20（b）所示为使用微处理器在显示器上产生运动的一个程序。这里产生的是一个人横穿屏幕行走时的图象。为了实现这种图象，可以使两个不同的图象，即图8-20(a)中的人 1 和人 2，交替地进行显示，其显示速度可由延迟子程序来决定。在一个新图象产生之前，事先要使用清理屏幕（CLR SCRN）子程序清除旧的图象。该子程序可以将空

白（十六进制3F）送入所有的视频RAM 单元。使图象启动单元（存放在H、L寄存器对中）增量，能够使所提供的新人影象从左向右移动一个字符空间。这样表现的运动一直进行到达到字符线端处为止。这时，H、L寄存器对将重新预置，“人”将返回到屏幕左端，重新向右行进。

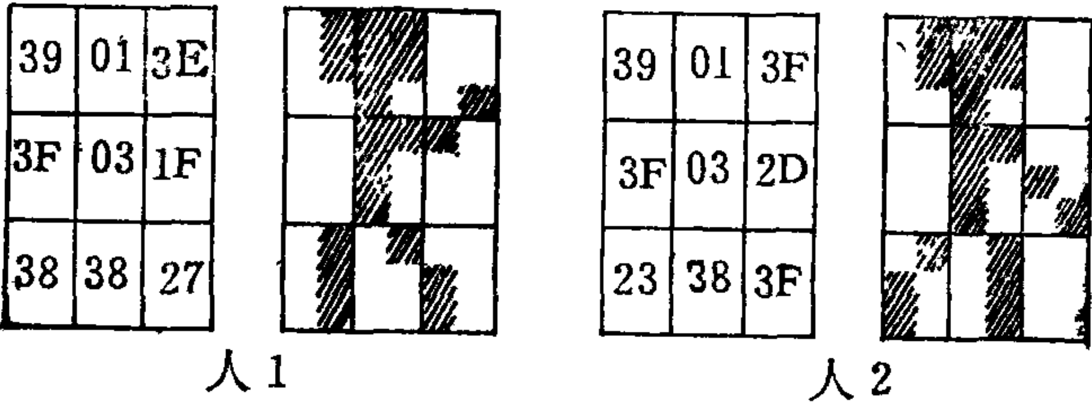


图 8-20 (a) 行走的人的显示

十六进制编码		助 记 符		
地址	指令	标号	指令	说 明
1010	210088	BEGIN:	LXI H、#B800	
13	5	NEW MAN:	PUSH H	
14	CDF200		CALL CLR SCRN	
17	117010		LXI D, #1070	预置MAN1
1A	E1		POP H	
1B	CD4710		CALL MAN	
1E	CD9010		CALL DELAY	
21	23	LIN CHK.	INX H	
22	7D		MOV A、L	
23	FE40		CPI #40	
25	C21010		JNZ BEGIN	

续

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
28	E5		PUSH H	
29	CDF200		CALL CLR SCRN	
2C	118010		LXI D,#1080	预置MANZ
2F	E1		POP H	
30	CD4710		CALL MAN	
33	CD9010		CALL DELAY	
36	23		INX H	
37	7D		MOV A, L	
38	FE40		CPI #40	
3A	C21310		JNZ NEW MAN	
3D	C31010		JMP BEGIN	
0047	0603	MAN:	MVI B, #03	列计数
49	0E03	NEX LIN:	MVI C, #03	行字符计数
4B	1A	NEX CHAR:	LDAX D	
4C	77		MOV M, A	
4D	13		INX D	
4E	23		INX H	
4F	0D		DCR C	
50	C24810		JNZ NEX CHAR	
53	05		DCR B	
54	C26410		JNZ FIXL	
57	7D		MOV A, L	
58	D680		SUI #80	
5A	6F		MOV L, A	
5B	C9		RET	
0064	7D	FIXL:	MOV A, L	移到下一行首

续

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
65	C63D		ADI #3D	
67	6F		MOV L, A	
68	C34910		JMP NEX LIN	
0090	01FFFF	DELAY:	LXI B, #FFFF	
93	0B	LOOP:	DCX B	
94	79		MOV A, C	
95	B0		ORA B	
96	C29310		JNZ LOOP	
99	C9		RET	

图 8-20（b）（a）图中的实际指令

在该程序中，每次产生一个新图象之前都对整个屏幕进行清除。而实际上，电视游戏机画面中所有的固定物体不必进行更新，进行全面清除必然会浪费处理机的时间。因此，在实际系统中仅是对原来运动的物体进行清除，由其更新的类似物体所代替。

在游戏时，要求人们始终注视着屏幕上的具体物体。这一点可以通过不停地使物体作亮灭闪动或者通过不断地转换物体的图象信号（由黑信号代替白信号，或者由白信号代替黑信号）来实现。图8-21（a）示出了使物体在屏幕上作亮灭闪动的程序。实际上，如其流程图（b）所示，程序的工作原理是，在交替显示物体以后，再显示物体屏幕区中的所有空白部分。如前所述，在此例中是通过将整个视频RAM变成空白来实现的。在一部具体的电视游戏机中，这种

清除操作必然要受到分派给物体的视频RAM容量的限制。对于给定的程序，时间延迟会使物体以大约1Hz 的速度作亮灭闪动。

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
1000	CDF200	START	CALL CLR SCRN	见图8-20（a）
	CD9000		CALL DELAY	在屏幕上
			MVI A, #00	置框
			STA #8305	
			CALL DELAY	
			JMP START	

图 8-21（a）物体在屏幕上作亮灭闪动的程序

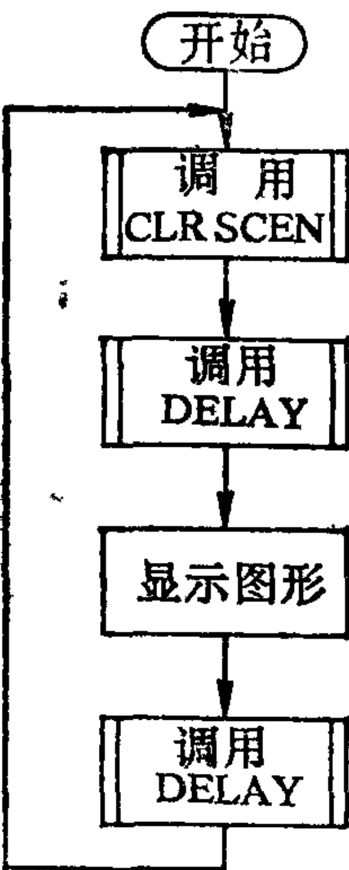


图 8-21（b）程序流程图

另一种将游戏者注意力吸引到具体物体上的方法是改变其图象性质。即用白色来代替物体的黑暗部分，或者用黑色代替物体的明亮部分。为了实现这一转换过程，需要使用图8-22所示的程序。该程序实际上与上述的闪动显示程序相同，只不过每次出现另外的DISPLAY REFRESH（显示更新）时更新了的图象均含有先前显示图象的负象。这一操作是由程序中的 1024 至 102F 程序步实现的。这几步程序可以

检测存放在存储单元1090中的标志位。应注意，在该程序中仅仅是显示器上的物体部分所含的视频信息发生转换，而显示器的其余部分的视频信息并不发生变化。对于这一时间延迟，其视频转换速度大约为1次/秒。

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
1000	AF		XRA A	
01	329010		STA #1090	
04	216089	START:	LXI #8960	
07	E5		PUSH H	
08	CDF200		CALL CLR SCRN	
0B	117010		LXI D、-1070	
0E	E1		POP H	
0F	CD2010		CALL TANK	
12	CD9000		CALL DELAY	见图8-20 (a)
15	3A9010		LDA #1090	
18	2F		CMA	
19	329010		STA #1090	
1C	C30410		JMP START	
1020	0604	TANK:	MVI B、#04	列计数
22	0E06	NEX LIN:	MVI C、#06	行字符计数
24	3A9010	NEX CHAR:	LDA #1090	
27	B7		ORA A	置标志位
28	1A		LDAX D	
29	CA2F10		JZ NOCOMP	检查标志位
2C	2F		CMA	转换视频
2D	E63F		ANI #3F	
2F	77	NOCOMP:	MOV M、A	

续

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
30	13		INX D	
31	23		INX H	
32	0D		DCR C	
33	C22410		JNZ NEX CHAR	
36	05		DCR B	
37	C23B10		JNZ FIXLIN	
3A	C9		RET	
3B	7D	FIX LIN:	MOV A, L	
3C	C63A		ADI #3A	
3E	6F		MOV L, A	
3F	C32210		JMP NEX LIN	

图 8-22 在屏幕上产生一个物体负象的程序

在显示复杂视频影象的过程中，例如坦克大战或空间大战等游戏机，经常会遇到的问题是屏幕上物体怎样旋转。这个问题的一种解决方法是，将对应于物体所有可能方位的图形均存放在ROM中。然后根据所要求物体的具体位置，将具体图形从ROM中读出。另一种方法是，用软件中的算法推导来表现一个单一物体图形，然后转换其座标从而达到适当的物体方位。对于电子游戏机来说，其解决问题的能力只要能满足使用要求即可，而不必要求过高。然而，这两种方法在存储器方面都要求过高，似乎有些不太必要。

下面介绍一种较为简单的方法。这种方法是将上述两种技术的原理结合起来提供一种程序。这种程序较为简捷，并

且可以按照图8-23所示 3 个所存物体图形中的一个来产生 8 个不同的物体方位。例如，为了产生一个使机关炮指向西方而不是东方的坦克，其影象必须直接对垂直轴进行映射。在软件上这意味着只要按相反次序直接读出下列信息即可。

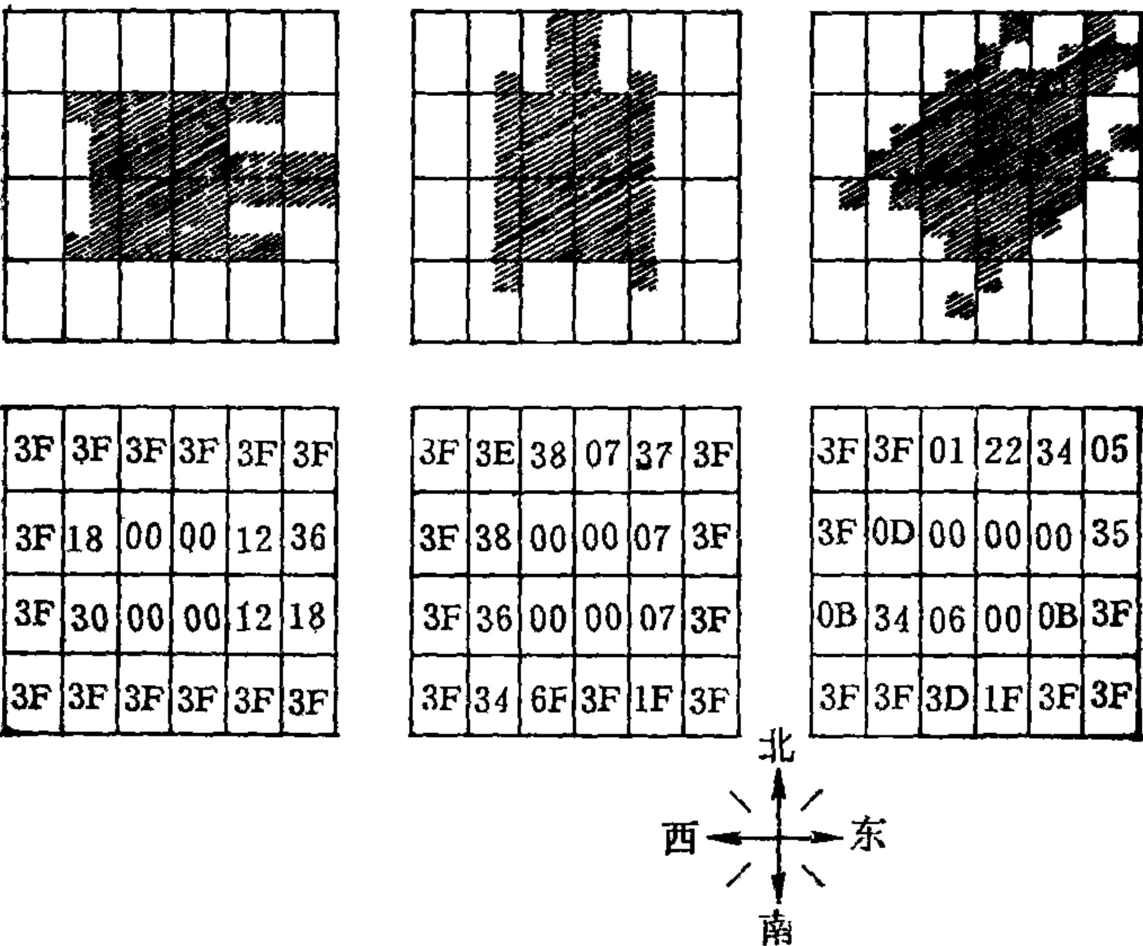


图 8-23 坦克旋转的ROM结构

为了产生机关炮指向西南的坦克影象，原来指向东北方向的坦克影象必须先向垂直轴映射，然后再向水平轴映射。这样，只需调用两个程序（一个对垂直轴映射，另一个对水平轴映射）就可以产生一个物体的任意方位。

图8-24示出的一个程序可用来产生影象的水平转换。实际上，这段程序的原理是通过物体显示中行所含的数据转换

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说　明
1080	37	SUB HOR：	STC	标志位置1
81	216089		LXI H、#8960	上列地址
84	11208A		LXI D、#8A20	下列地址
87	0E06	NEX ROW	MVI C、#06	
89	7E	XCHG：	MOV A、M	
8A	EB		XCHG	
8B	46		MOV B、M	
8C	77		MOV M、A	
8D	EB		XCHG	
8E	70		MOV M、B	
8F	23		INX H	
90	13		INX D	
91	0D		DCR C	检查完成的列开关
92	C28910		JNZ XCHG	
95	3F		CMC	
96	D8		RC	返回进行第二遍
97	7D		MOV A、L	
98	C63A		ADI #3A	
9A	7B		MOV A、E	
9B	D646		SVI #46	
9D	5F		MOV E、A	
9E	C38610		JMP NEX ROW	

图 8-24　用于图形转换的水平映射子程序

实现的。由于在每个物体显示中包括 4 行，所以完成这种影象转换需两次用到该子程序。第一次是交换顶行和底行所含的数据。这两行中每一行的地址信息分别存放在 HL 和 DE

寄存器对内。而第二次（由进位位为0来表征）是交换里面两行的数据。产生这种物体向水平轴映射的整个子程序仅需要存储器的33个字节。初看起来，似乎ROM中直接存放所有物体方位要比使用这些转换程序所占的存储空间更少一些。这在显示一个物体的情况下是对的。但是，若考虑游戏机需要显示10种或20种不同物体时，这种转换技术的有效性就更明显了。

许多电子游戏机要涉及到炮弹与物体以及物体与物体之间的相互碰撞，这样，必须使用一种检测碰撞的技术。按照软件要求检测碰撞的发生要相对容易一些。一旦一部分炮弹影象与物体影象占据了视频RAM中的同一单元，就是发生了碰撞。图8-25所示的程序简单演示了用软件检测碰撞的方法。在此例中，在游戏进行过程中目标显示在屏幕的中央，其地址为8820，炮弹从左向目标发射。在这种情况下，炮弹和目标可以用相同的符号——矩形框（视频RAM编码为[illegible]）来表示。当然，在一部具体的游戏机中，它们也可以用任意一种视频显示来表示。炮弹向目标射击的速度由DELAY子程序决定。在这一具体程序中，炮弹向目标射击的速度大约为6mm/s。

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
1000	112088		LXI D、#8820	预置目标方位
03	210088		LXI H、#8800	预置炮弹方位
06	E5	START:	PUSH H	

续

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
07	CDF200		CALL CLR SCRN	
0A	E1		POP H	
0B	3E00	NEX MOV	MVI A #00	在屏幕上置目标和炮弹
0D	77		MOV M、A	
0E	EB		XCHG	
0F	77		MOV M、A	
10	EB		XCHG	
11	7D		MOV A、L	检查碰撞
12	BB		CMP E	
13	C22910		JNZ OK	
16	7C		MOV A, H	
17	BA		CMP D	
18	C22910		JNZ OK	
1B	3E3F		MVI A、#3F	是否此处
1D	77	BLINK	MOV M、A	发生碰撞
1E	F5		PVSH PSW	
1F	CD3010		CALL CELAY	
22	F1		POP PSW	
23	2F		CMA	
24	E63F		ANI #3F	
26	C31D10		JMP BLINK	
29	23	OK.	INX H	
2A	CD3010		CALL DELAY	
102D	C30610		JMP START	

图 8-25 目标碰撞程序

如上述讨论过的子程序一样，在每一个REFRESH（更新）周期中，屏幕被清，显示出新的目标和炮弹方位。此刻需要进行一次检查，看其是否发生了碰撞。为了实现这一目的，需要比较HL和DE寄存器对的内容。由于这些寄存器分别含有物体和目标在屏幕上的位置，所以如果二者相同，就说明炮弹击中了目标。为了显示这种情况，这时炮弹从屏幕上消失，而物体大约以1Hz的速度开始闪动，表明它已被击中。在更加复杂的程序中，这部分子程序可以通过调用一个表示爆炸的伴音发生程序和显示物体被击中后四处飞散的视频更新子程序来代替。

至此为止，所讨论过的视频效果都是围绕产生黑白图象进行的。下面，则来讨论一种对视频系统增加彩色的简单方法。

如前所述，为了形成完整的彩色电视信号，必须以中心为3.58MHz载波的相位调制信号形式向标准黑白(亮度）信息上附加彩色（色度信号）。该信号的相位与一个基准正弦波的相位进行比较，该基准正弦波是在水平同步脉冲后沿发射的。用接收器将8个周期的3.58MHz彩色同步信号从同步脉冲中分离出来，并对接收器中的3.58MHz本机振荡器进行锁相。得到的彩色信号相位差与屏幕上产生的相应色彩的关系示于表8-1。表内的最后一行给出了基准正弦波脉冲串与用以产生不同色彩的彩色信号之间所需要的近似时间延迟。例如，要在屏幕的某一具体范围产生红色，视频显示器在这一期间所产生的彩色信号简直与一个时延为58ns的3.58MHz彩色基准是一模一样的。

如图8-26所示，只要把彩色基准信号（3.58MHz）通

表 8-1　彩色信号相位延迟与屏幕上产生色彩之间的关系

颜　色	从基准起的相位延迟（度）	近似的时间延迟（毫微秒）
彩色同步脉冲	0	0
黄	15	12
红	75	58
深红	135	105
蓝	195	151
深蓝	255	198
绿	315	244

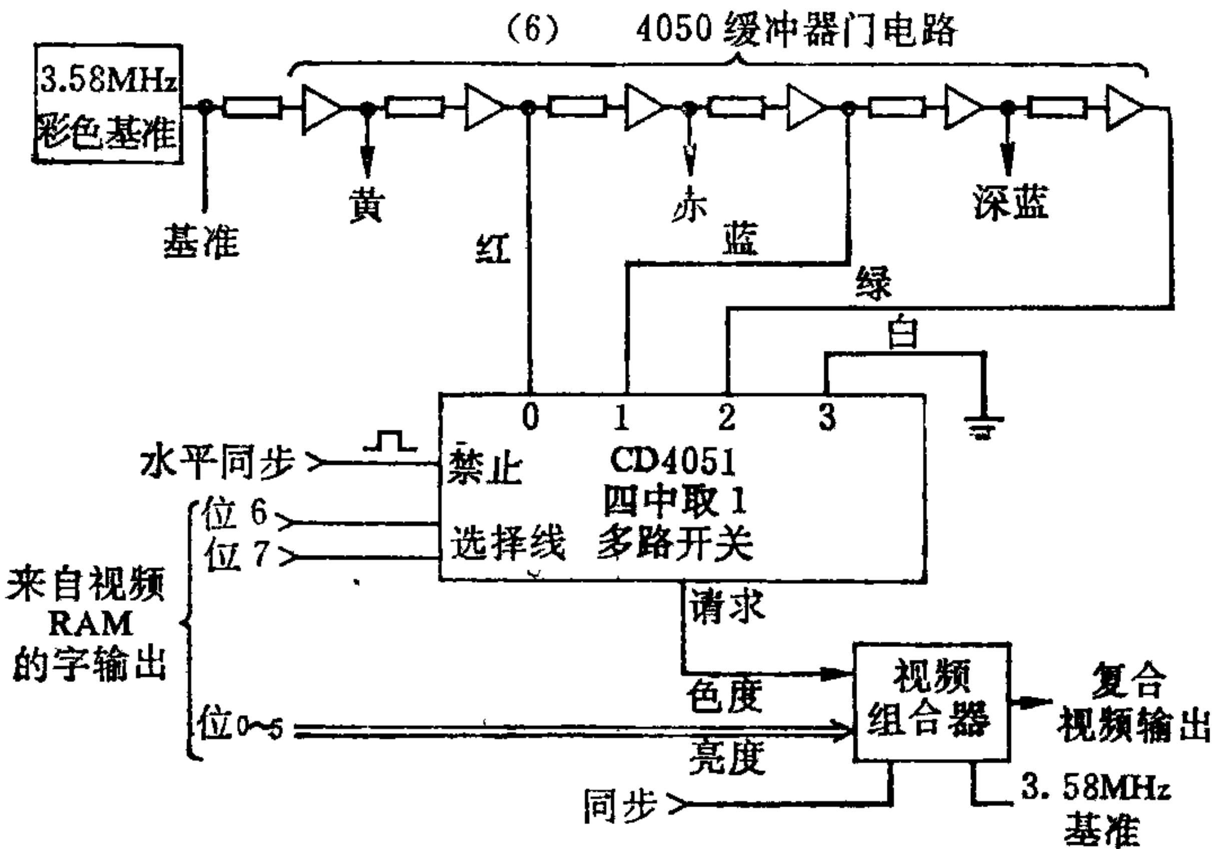


图 8-26　对视频显示器附加彩色

过一系列CMOS4050缓冲门就能得到不同颜色的彩色信号。因为这些门电路中的每一个都有大约40ns的典型的内部传输延迟。若需要细微调节色彩，则可以通过向每一个输入门增

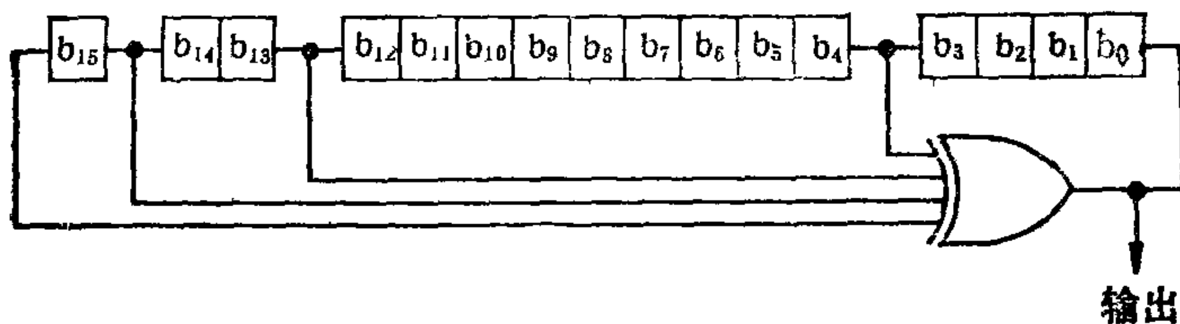
加串联小电阻来实现附加的延迟。虽然这个电路给出的总共7种颜色可以采用，但对于大多数电视游戏机来说，一般只使用4种主要颜色，即红、蓝、绿和白色。在这种方法中，在屏幕上选择一种具体颜色可以通过在每一个视频RAM单元内附加两个色彩控制位并将其字长增加到8位来实现。图8-26的下部给出了怎样使用这些位来控制单元内具体色彩的选择。应注意，只要出现了非零亮度信号，那么零彩色信号就会产生白色图象。

8.4 伴音效果

可以用3种不同的方法，即使用专门的算法；使用查询表及使用微处理器控制外部伴音效果发生电路来产生伴音。现举例介绍如下：

前面已经讨论了产生伴音的基础，并指出白噪声对于产生许多人们所熟悉的声音特别有用。一般来说，这种信号是通过靠近击穿区反向偏置一个二极管或一个晶体管的PN结而得到的。然而，这种信号源略欠稳定。图8-27（a）给出了一种与上述不同的方法，它是将一个大的移位寄存器与一个特殊的反馈网络相连，从而可以在输出上产生伪随机序列脉冲，所示电路是一个16位移位寄存器结构，它所产生的序列每隔65,000个移位脉冲重复一次。该序列的一小部分示于图8-27（b）。然而这种电路也可以用软件来复制。图8-28所示的程序说明了实现这种复制的一种软件方法。

在该程序中，等效的16位移位寄存器系由HL寄存器对构成。“异或”反馈算法是通过将H和L寄存器内容暂时



(a)

移位	移位寄存器位值															
脉冲数	b_{15}	b_{14}	b_{13}	b_{12}	b_{11}	b_{10}	b_9	b_8	b_7	b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	b_0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
⋮																
65,791																

(b)

(a) 用移位寄存器结构来产生数字白噪声

(b) 对图 (a) 中的N=16伪随机序列发生器部分输出列表

图 8-27 数字白噪声的产生方法

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
1040	110000		LXI D、#0000	
43	210100		LXI H、#0001	
46	7C	LOOP	MOV A、H	
47	E6		ANI #01	
49	FB		EI	
4A	C24E10		JNZ SKIP	
4D	F3		DI	
4E	0F	SKIP:	RRC	
4F	AC		XRA H	
50	0F		RRC	
51	0F		RRC	
52	AC		XRA H	
53	0F		RRC	
54	AC		XRA L	
55	0F		RRC	
56	0F		RRC	
57	0F		RRC	
58	E601		ANI #01	
5A	29		DAD H	
5B	5F		MOV E、H	
5C	19		DAD、D	
5D	C34610		JMP LOOP	

图 8-28 用软件模拟一个伪随机（白噪声）序列发生器

传送至累加器来实现的。这样，可以在HL寄存器对的各位上实现所要求的“异或”操作。仔细检查软件使其恢复为由等效16位寄存器的“异或”位15、14、12和3进行操作。

当每次移位（DAD D）操作执行完了时，所得到的最终结果就被送至寄存器的b_0位。这种专用程序的一个特殊性能是，它可以不使用任何端口来输出所产生的信息。然而它却使用了来自处理机的中断使能（IZTE）状态信号来作为输出控制线。这样，在使用端口方法时，就可以节省用来存放数据的额外寄存器。当HL寄存器对的最高有效位为1时，允许中断。而当它为0时，则禁止中断。然后，该信号被送到一个用来产生实际音频输出的放大器内。

要产生多种复杂的波形，就需要使用不同的方法。例如，如果需要一个正弦波音频信号，则需要扩展其算法。实际上，用查询表方法来产生这种信号会更加有效。图8-29所示的程序说明了用查询表来产生音频信号的方法。这实际上是一个整块转移程序。该程序将存储器中的数据（在此例中是对应于正弦波幅度的ROM内的数据）按序送至所选择的输出端口。如果数/模转换器与输出端口相连，那么就会在该输出上重新产生原来的正弦波波形。

这种特殊的波形发生器使用了48个数据点。当然，按照对系统清晰度的要求不同，这个数据点数可作相应地改变。每通过一次所示的程序需要54个时钟周期，要完成一次正弦波输出显示共需要2592个时钟周期。对于一个2 MHz时钟的8080系统，这就会产生770Hz的正弦波。当然，为了产生低频率的正弦波，可以在主程序循环上增加简单的时间延迟。但是，为使重复频率超过700Hz，则需要一个快速的处理机，或者采用更少的数据点。

在有些情况下，使用硬件来产生伴音要比使用软件方法经济得多。实际上，图8-30所示的几种专用合成伴音集成电

十六进制编码		助 记 符		
地址	指令	标号	指令	说　明
000	210001	START:	LXI H、#0100	预置表内第
03	7E	NEX WORD·	MOV A、M	一地址
04	D3FF		OUT #FF	
06	23		INX H	
07	7D		MOV A、L	检查表内最后地址
08	FE3F		CPI #3F	
0A	C20300		JNZ NEX WORD	
0D	C30000		JMP START	
0100	808C99	A5		正弦附表
04	B1BCC7	D1		
08	DAE3EA	F1		
0B	F6FAFD	FF		
10	FFFFFD	FA		
14	F6F1EA	E3		
18	DAD1C7	BC		
1B	B1A599	8C		
20	807467	5B		
24	4F4439	2F		
28	261D16	0F		
2B	0A0603	01		
30	010103	06		
34	0A0F16	1D		
38	262F39	44		
3B	4F5B67	74		

图 8-29 用查询表方法产生波形

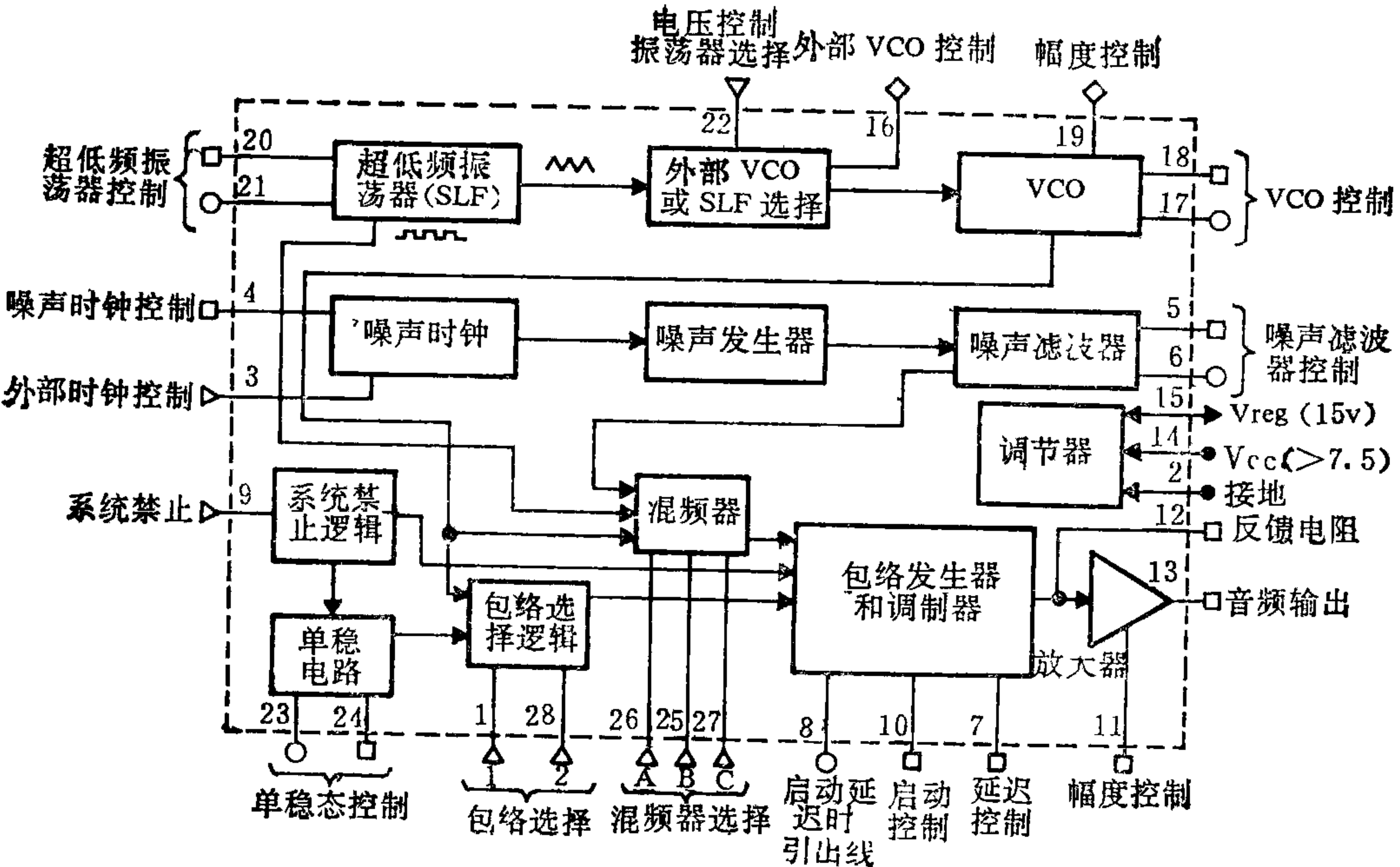
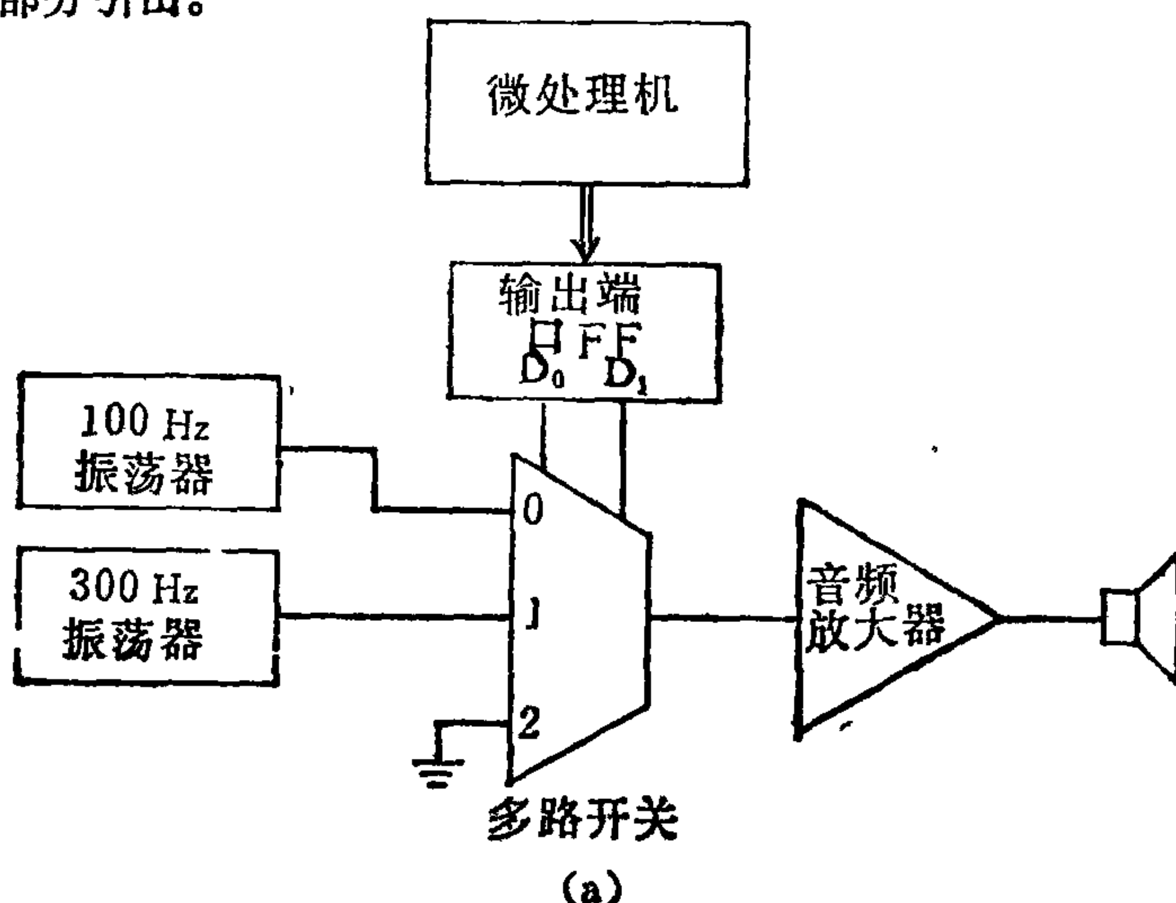


图 8-30 美国德克萨斯仪器公司的SN76477复合伴音发生器集成电路框图

路已经投入了使用。可以看出，这些集成电路中有一个白噪声发生器、一个电压控制振荡器（VCO）以及一个控制所产生信号的开始和消失及总体幅度的包络发生器。最重要的是，所产生信号的这些参数根据外部数字控制的不同可以进行变化。这样，将这种集成电路与微处理器相结合，所组成的总体系统可以廉价地产生各种复杂的伴音。由于控制信号没有必要频繁地变化，所以处理机仍然有能力完成其它任务。

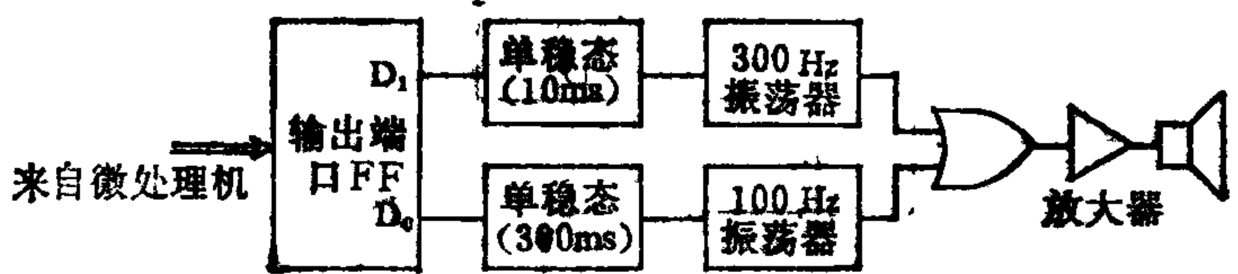
图8-31示出这种方法的一个实例，其中的微处理器用来将几个信号中的一个选通到音频放大器。将00送至输出端口FF，多路转换器就会将100Hz振荡器选通到音频放大器。当出现01时，就连通300Hz信号。当出现02时，就会使所有的伴音产生一个衰减。图中的音频音调是由单独的振荡器产生的。并没有理由怀疑这些信号不能由定时信号的水平和垂直部分引出。



(a)

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
1000	AF	HIT:	XRA A	
01	11		LXI D、#—	送入10ms延迟时间
04	D3FF		OUT #FF	
06	CD1710		CALL DELAY	
09	C9		RET	
100B	3E01	MISS:	MV1 A、#01	
0D	11		LXI D、#—	送入300ms延迟时间
10	D3FF		OUT #FF	
12	CD1710		CALL DELAY	
15	C9		RET	
1017	10	DELAY:	DCR E	
18	C21710		JNZ DELAY	
1B	15		DCR D	
1C	C21710		JNZ DELAY	
1F	C9		RET	

(b)



(c)

(a) 微处理机控制一个外部伴音发生电路
(b) 控制 (a) 中电路的子程序
(c) 在伴音发生电路上附加一个附属电路从而可减少处理机的空闲时间

图 8-31 外部伴音硬件的微处理器控制

图8-31（b）所示程序可用来控制图8-31（a）所示的音频放大器产生伴音。当调用HIT（击中）子程序时，300Hz信号就被选通到音频发生器达8至10ms。而且当球碰击球拍（或墙）时就会产生一种类似于乒乓球游戏机的碰球声音。当游戏者错过球使球跑到屏幕以外时，则子程序MISS就会被调用。在这个子程序中，处理机将100Hz振荡器选通到放大器大约达300ms的时间。这样长的低频音调猝发会产生一种完全不同于HIT声音的类似牛角号的声音，从而可以警告游戏者已经出现了操作错误。如果处理机的时间太珍贵，以致于不能用来等待循环暂停，那么可以在外部电路中增加一个硬件的单稳态电路，从而可以控制音调发生器〔图8-31（c）〕的工作时间。当按照这种方法构成时，处理机仅需要发生一个能启动整个伴音发生程序的单一控制脉冲即可。

第九章　电视游戏机设计原理

在七十年代中期，随着集成电路和微处理器的应用使得电子游戏机的成本显著下降，其制造业获得了迅速发展。早期的电子游戏机，特别是乒乓球类游戏机，主要使用标准TTL数字集成电路，后来又使用了专用的大规模集成电路（LSI）芯片。而第二代的电子游戏机，即所谓的智能游戏机，则广泛地使用了微处理器。本章主要分别介绍这两类游戏机的设计方法，并用实例来说明怎样将全硬件结构的游戏机转变为微电脑控制结构的游戏机。

9.1 “穿孔”游戏机

这是一种全硬件结构的电子游戏机。操作时，开着孔的挡板在电视屏幕上来回移动，其移动的速度大约为每秒钟一次。在挡板移动时，开孔也随之移动，但它是一种伪随机方式的运动。

如图9-1所示，当挡板向游戏者控制的目标（我们暂称其为“游戏者”）方向移动时，“游戏者”必须从开孔中穿过，否则若被挡板撞上就得终止游戏。屏幕上记录着“游戏者”没有被挡板所碰的时间。这种游戏设有难易程度不同的3级，即初学者级、中等级以及专家级。根据所选择游戏难易级别的不同，挡板的移动速度、开孔的大小以及开孔移动的

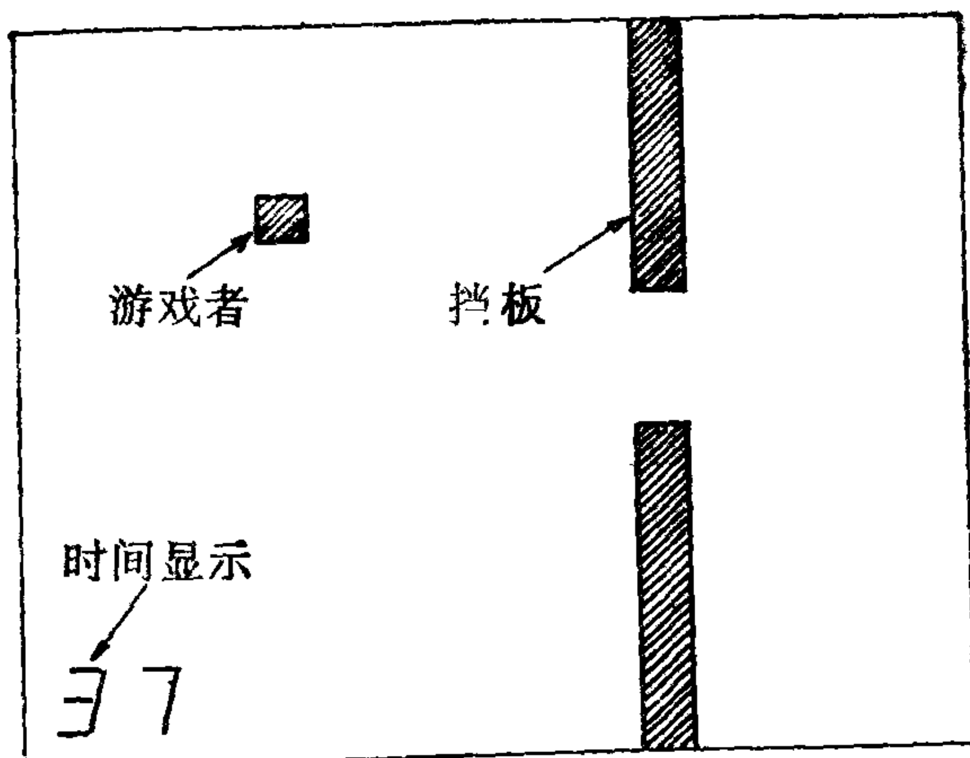


图 9-1 穿孔游戏机的视频显示

速度均不相同。

图9-2示出了“穿孔”游戏机的总体框图。为了产生游

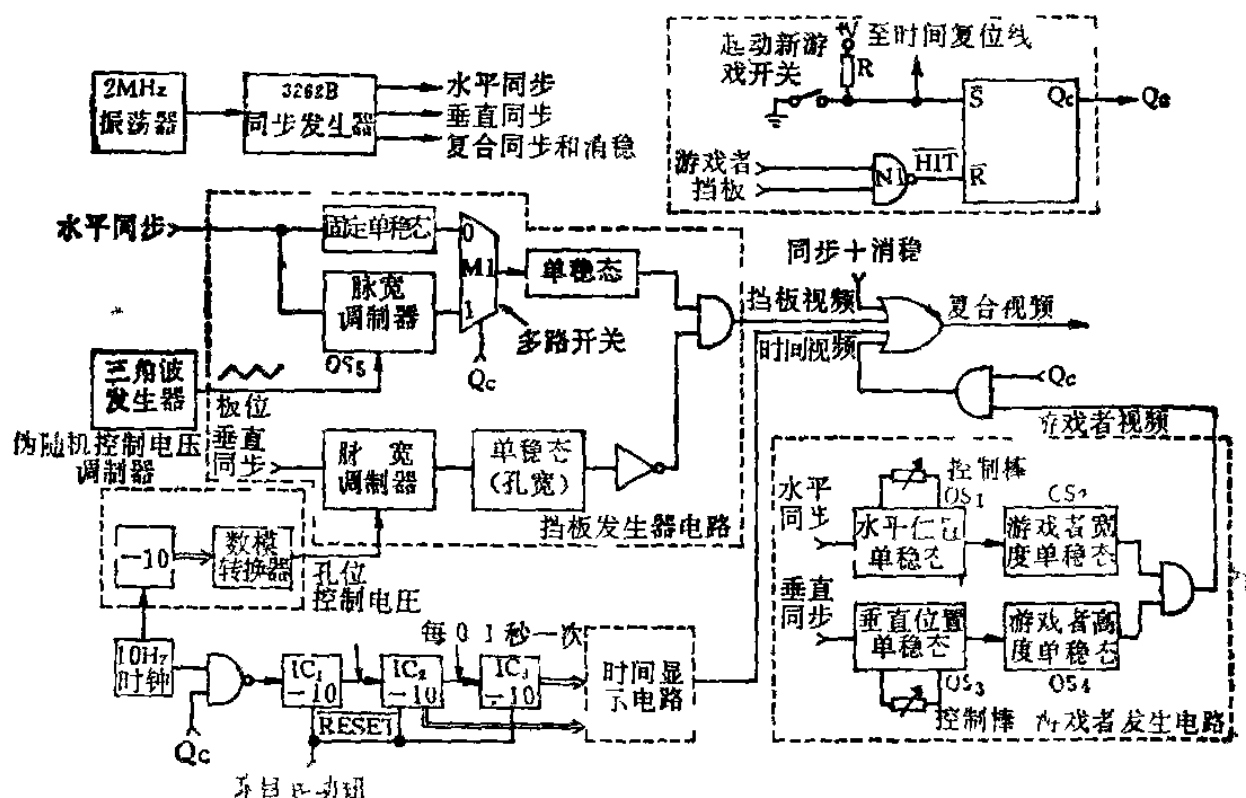


图 9-2 穿孔游戏机总体框图

戏者控制，需要用到两个单稳态触发器，OS_1和OS_2。这两个触发器可以产生水平和垂直两个方向的脉冲。这两个脉冲决定了"游戏者"在屏幕上的位置。"游戏者"的宽度可以通过操作棒来进行控制。为了能够使"游戏者"出现在屏幕上的任意处，"游戏者"由操作棒所能调节的范围为：水平方向由0到63μs，垂直方向由0到16.7ms。OS_3和OS_4分别控制着"游戏者"的宽度和高度。"游戏者"的实际视频信号是由垂直和水平脉冲相逻辑"与"而成的。这样，只有当垂直和水平脉冲（来自OS_3和OS_4）同时出现时，屏幕上才会出现"游戏者"的图形，如图9-3所示。

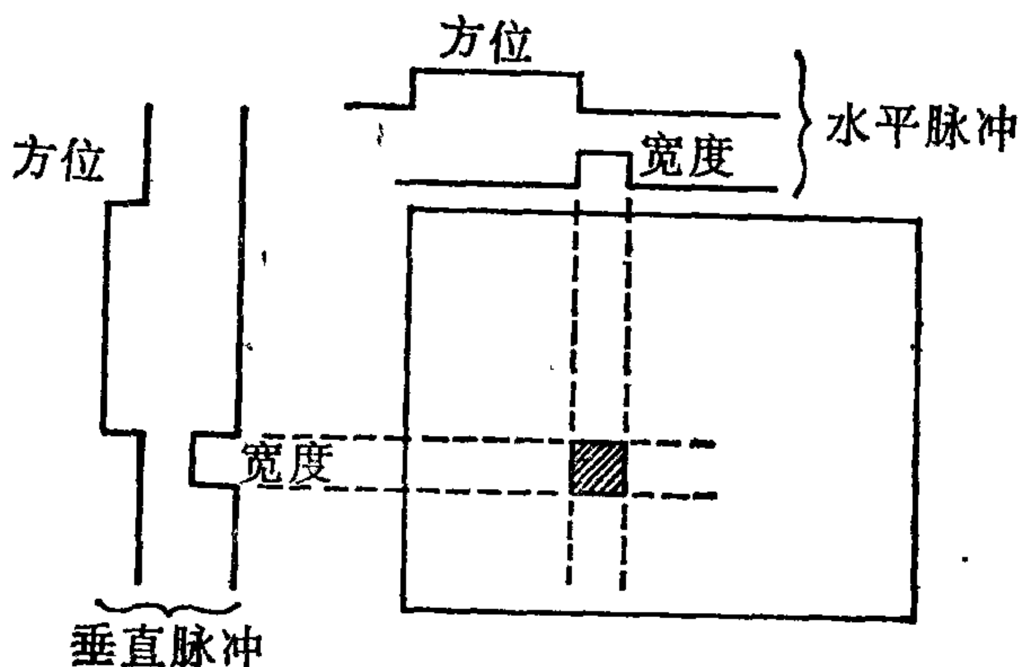


图 9-3 "游戏者"图形的产生方法

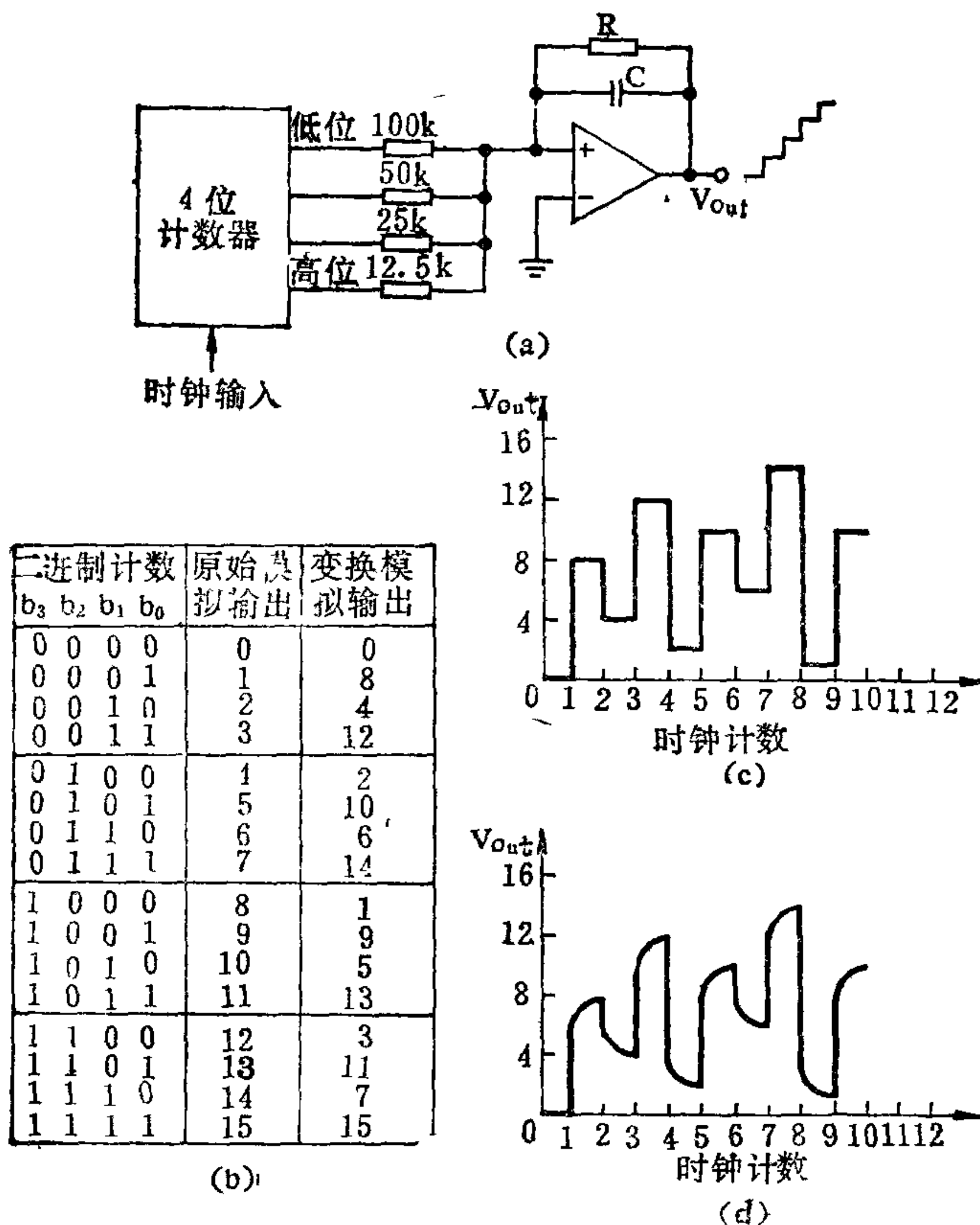
挡板图形的产生方法，除了使用一个脉冲宽度调制器来改变挡板在屏幕上的位置以外，其它与"游戏者"相同。该调制器的控制信号是一个1Hz的三角波发生器。它可以改变由OS_5所产生的脉冲宽度。这样，挡板以每秒钟一次的速度

在屏幕上慢慢地来回移动。另一个类似的调制器可用来确定开孔在屏幕上的位置。但是，该调制器的控制信号是伪随机变化的，其变化速度可由图内所示的除16计数器的时钟输入来决定。由于有一只电容器C跨接在数/模转换器运算放大器上（见图9-4），所以输出控制电压不能立即变化，而是以一个适当的速度从一点转向另一点。这样，就为“游戏者”提供穿过孔的机会。

为了理解数/模转换器的工作原理，先分析一下图9-4（a）所示的原始数/模转换器电路。当将它接到一个简单的二进制计数器上时，就会产生一个与计数器内所存的二进制数成正比的模拟输出电压。当计数器由时钟连续增值时，所产生的输出就是一个斜波。该电路的输出连接如图9-4（b）所示，它所产生的波形如图9-4（c）所示。

游戏开始时，控制触发器Q_C（见图9-2）置为1，挡板开始移动，“游戏者”出现在屏幕上，计数器开始计数。在屏幕的左下角处以秒为单位显示出游戏经历的时间。在游戏进行过程中，“游戏者”一直避免与挡板发生碰撞。一旦发生碰撞，也就是“游戏者”与挡板的视频图象同时出现在屏幕上的同一部位时，则N_1的输出就变为低电平，使游戏控制触发器复位（见图9-2）。

一旦$Q_C=0$，则游戏机停止计时，屏幕上会显示出游戏终止时间。此外，“游戏者”的视频信号被关闭，而多路转换器M_1转到最后一个固定的单稳态触发器去控制挡板的位置。这样，一旦发生碰撞，计时器就会停止计数，“游戏者”就会从屏幕上消失，而挡板就被锁定在屏幕的中央处。若要重新开始游戏，则游戏者必须按动起始开关。该开关会



二进制计数 b_3	b_2	b_1	b_0	原始模拟输出	变换模拟输出
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	8
0	0	1	0	2	4
0	0	1	1	3	12
0	1	0	0	4	2
0	1	0	1	5	10
0	1	1	0	6	6
0	1	1	1	7	14
1	0	0	0	8	1
1	0	0	1	9	9
1	0	1	0	10	5
1	0	1	1	11	13
1	1	0	0	12	3
1	1	0	1	13	11
1	1	1	0	14	7
1	1	1	1	15	15

(b)

(a)基本数/模转换器　(b)二进制计数与运算的放大器模拟输出之间的关系　(c) 不带转换电容器的输出　(d) 带转换电容器的输出

图 9-4　穿孔游戏机中孔位的伪随机发生电路

重新使$Q_c=1$，另外还会使时间计数器寄存器IC_1、IC_2及IC_3复位。这种游戏机的完整电路如图9-5所示。除了脉冲

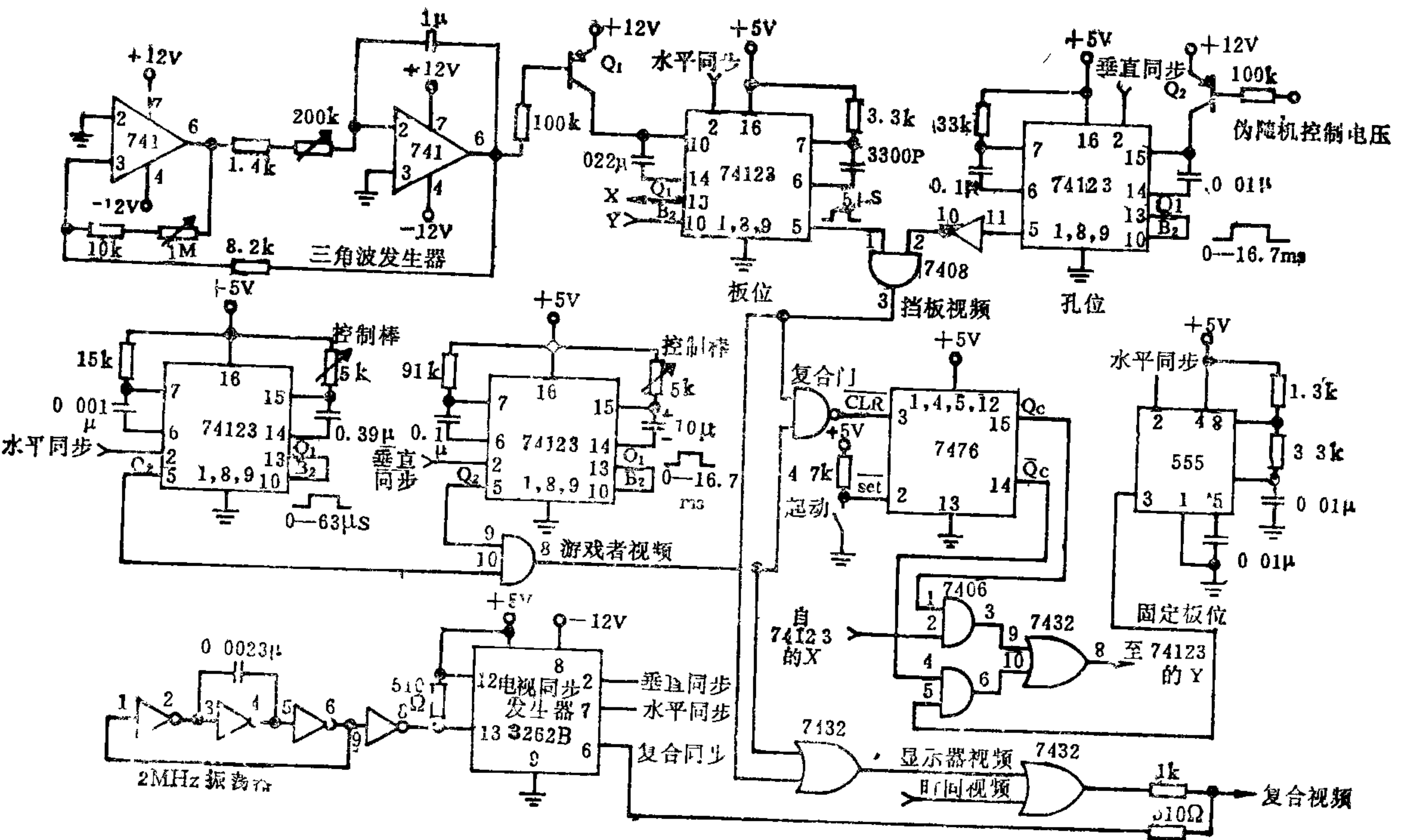


图9-5（a） 穿孔游戏机的主要电路

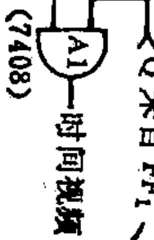


图9-5 (b) 穿孔游戏机的计时器电路

宽度调制器和时间显示电路的操作需要进一步解释以外，其它电路则一目了然。

除了计时电阻器可由电压控制的电流源（晶体管 Q_1 和 Q_2）替换以外，脉冲宽度调制器基本上是标准TTL单稳触发电路。对于这种情况，充电电流大致可由下式给定，

$$I=h_{FE}\frac{11.3-V_{控制}}{R_B}$$

其中h_{FE}为晶体管电流增益，R_B为基极电阻值。

当图9-4中的电容器C两端的电压达到2.5V时，单稳态暂停工作。这样，控制电压与所产生的单稳态周期之间即形成下列关系：

$$T=\frac{2.5R_BC}{h_{FE}(11.3-V_{控制})}$$

改变$V_{控制}$就会很容易使所产生的单稳态脉冲宽度在100至1的范围内变化。这样，就为这种游戏提供了合适的分辨率。

为了了解游戏所经历的时间是怎样在屏幕上显示的，可以认为，图9-6所示的电路框图与第八章所讨论的视频RAM电路大体相同。但是，对应于十进制计数器IC_2和IC_3所存的数据，RAM仅含有两个"字"，单稳态OS_1和OS_2控制着它们在屏幕上的显示位置。

在一组新的视频扫描开始时，垂直同步脉冲会触发OS_2，其输出脉冲复位，使行计数器保持在0行。这样，就有效地切断了视频输出，因为对应于0行的所有字符发生器列输出均为0。当OS_2暂停时，在这种情况下大约为12 ms，则准备开始字符显示。当然，这样会使字符位于屏幕的底部（即屏

幕下面3/4处）。

一旦出现下一个水平同步脉冲，则标志新的一行扫描开始，OS_1被触发，在其暂停（在这种情况下大约为5 μs）以后，Q_1触发器被置位并把组成字符亮点的2MHz时钟选通到列计数器，OS_1和OS_2分别控制着字符在屏幕上显示的垂直位置。这个频率决定着组成字符的“亮点”宽度。

开始时，FF_2置为0，M_2将10个数据送到字符发生器数据输入线上。当列计数器通过多路转换开关M_1被时钟增量时，它会从字符发生器上选择合适的列信息，并选通到时间视频线上。后三位计数将0送到视频，用作字符之间的间隔。当计数器返回到0列（计数为000）时，会触发字符计数器FF_2。这样，就会使M_2去选择单元计数信息来作为字符发生器的数据输入。这些信息将以前字符的显示形式逐行地进行显示。一旦单元信息已经显示出来，FF_2的输出就返回到0，并用它的边沿变化使FF_1复位，以禁止后续的时钟。这时，“与”门A_1被禁止，电子束被切断，直到下一水平扫描行开始为止。在下一水平同步脉冲期间，行计数器被增量，第一行开始显示。这一过程一直进行到所有8行均显示完为止。也就是说，一直到时间已输出到屏幕上为止。这时，Q_D（行计数器的最高有效位）被置位，A_2被禁止，行计数器的时钟被禁止。行计数器被锁定在0行，直到下一垂直字段开始为止。与以前相似，时间视频信号为0。

如果在FF_1的输出与行计数器时钟之间插入一个除N计数器，如图9-6所示，那么行计数器只能在每扫描N行时才增量。这就意味着，在N行以后的水平扫描行上视频输出是相同的，这将导致所产生的显示增高N倍。这样，可用这个

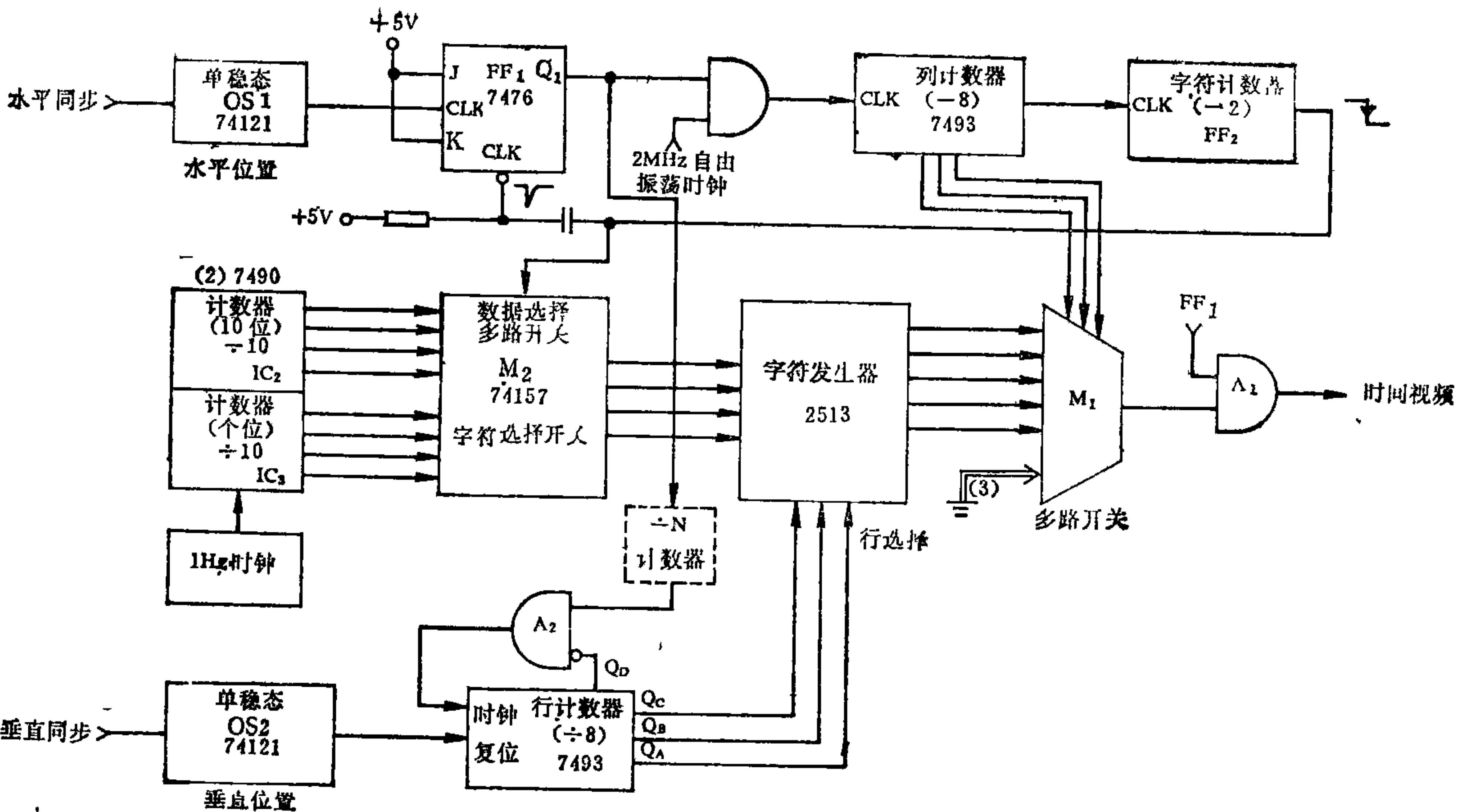


图 9-6 穿孔游戏机的时间显示电路框图

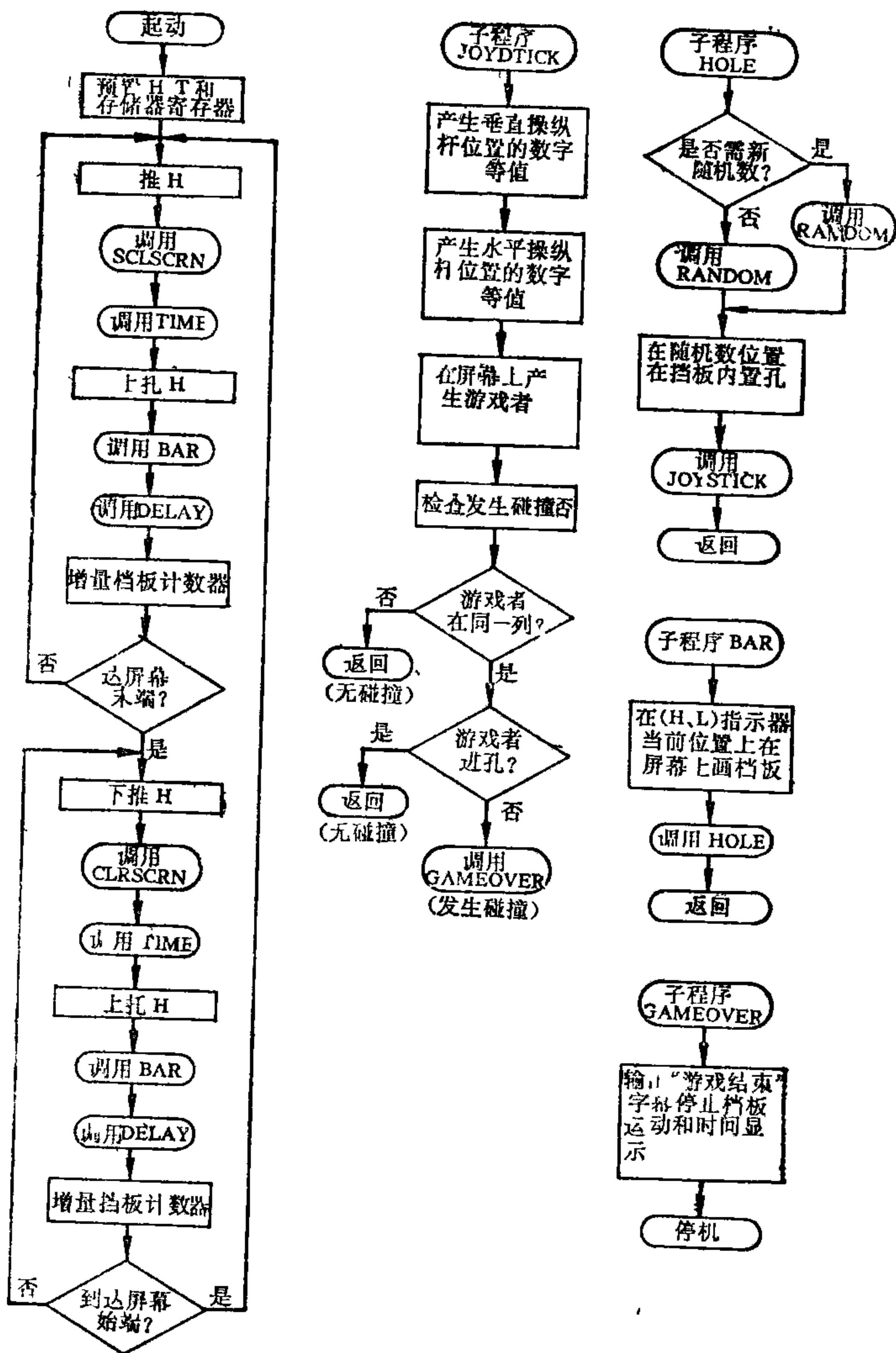


图 9-7 软件型穿孔游戏机流程图

计数器进行垂直幅度调节。

9.2 “穿孔”游戏机的软件执行过程

如果将前面介绍的电子游戏机转变为由微处理器来控制，就可以省略大多数外部硬件。实际上，在进行这种变换时，除了微型机和视频RAM电路之外，只需要一只控制棒和两个单稳态电器就可以构成完整的游戏机。

这种软件型穿孔游戏机的基本程序流程，如图9-7所示，其整个程序列于图9-8内。由于该程序比较冗长，要理解它，就必须对每一部分程序进行详尽的解释。在这过程中，除了处理机的常规内部寄存器以外，还使用了一组6个“存储寄存器”。这些寄存器被标志为R_0～R_5。它们是数据的实际存储单元，可以通过LDA和STA等直接寻址指令来进行存放、检查和修改。当然，这些指令比较冗长，需要3个存储器字节，在执行时需要13个时钟周期。但这种方法却节省了处理机的内部寄存器，以使它们用于存放主程序，并且允许进行数据存储操作。这在仅使用标准寄存器和堆栈来说是很难实现的。

十六进制编码		助记符		说明
地址	指令	标号	指令	
1000	AF		XRA A	预置寄存器
01	32F510		STA#10F5	R_5=00模64计数器
04	32F210		STA#10F2	R_2=00屏幕时间

续

十六进制编码		助记符		说明
地址	指令	标号	指令	
07	3C		INR A	
08	32F010		STA#10F0	R_0=01选择随机数
0B	3C		INR A	
0C	3C		INR A	
0D	32F110		STA#10F1	R_1=03孔重复
10	210088		LXI H#8800	
13	E5	MOV RITE:	PUSH H	
14	CDF200		CALL CLR SCRN	
17	CD4310		CALL TIME	
1A	E1		POP H	
1B	CD8010		CALL BAR	
1E	CD7010		CALL DELAY	
21	23		INX H	
22	7D		MOV A,L	检查行的终端
23	FE39		CPI#39	
25	C21310		JNZ MOV RITE	
28	E5	MOV LEFT:	PUSH H	
29	CDF200		CALL CLR SCRN	
2C	CD4310		CALL TIME	
2E	E1		POP H	
30	CD8010		CALL BAR	
33	CD7010		CALL DELAY	
36	2B		DCX H	
1037	7D		MOV A, L	检查新行的开始
38	E63F		ANI #3F	
3A	FE00		CPI #00	

续

十六进制编码		助记符		说明
地址	指令	标号	指令	
3C	C22110		JNZ MOV LEFT	
3F	C31310		JMP MOV RITE	
1043	3AF510	TIME:	LDA #10F5	R_5是模64减
46	3C		INR A	遍数计数器
47	E63F		ANI #3F	
49	32F510		STA #10F5	
4C	3AF210		LDA #10F2	引入R_2（时间计数）
4F	C25810		JNZ NO CHG	每通过一遍时间就
52	C601		ADI #01	增量一次
54	27		DAA	对DAA增量并设置
55	32F210		STA #10F2	标志位
58	E5	NO CHG:	PUSH H	
59	21048B		LXI H, #8B04	屏幕时间位置
5C	57		MOV D, A	拆开并显示
5D	E60F		ANI #0F	十进制字符
5F	F6B0		ORI #B0	
61	77		MOV M, A	
62	2B		DCX H	
63	7A		MOV A, D	
64	0F		RRC	
65	0F		RRC	
66	0F		RRC	
1067	0F		RRC	
68	E60F		ANI #0F	
6A	I 6B0		ORI #B0	

续

十六进制编码		助记符		说明
地址	指令	标号	指令	
6C	77		MOV M, A	
CD	E1		POP H	
6E	C9		RET	
1070	111010	DELAY:	LXI D, #1010	
73	1D	LOOP:	DCR E	
74	C27310		JNZ LOOP	
77	15		DCR 0	
78	C27310		JNZ LOOP	
7B	C9		RET	
1080	014000	BAR:	LXI B, #0040	下一行增量
83	3E00	NEX BLK:	MVI A, #00	尺寸，A=0
85	77		MOV M, A	基本挡板结构
86	09		DAD B	单元
87	7C		MOV A, H	检查挡板终端
88	FE8C		CPI #8C	
8A	C28310		JNZ NEX BLK	
8D	2688		MVI H, #88	预置至新一行
8F	E5		PUSH H	的始端
90	CD9610		CALL HOLE	
93	E1		POP H	
94	C9		RET	
1096	3AF110	HOLE:	LDA #10F1	只有在R1=0时
99	3C		INR A	才产生新的随
9A	32F110		STA #10F1	机孔号，每四遍
9D	E603		ANI #03	出现一次。
9F	CCB510		CZ RANDOM	

续

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
A2	C3AB10		JMP JOY CALL	
A5	3AF010		LDA #10F0	用原有的随机数
A8	CDC410		CALL NO BRAND	在同一位置上产
AB	CD0011	JOY CALL:	CALL JOY STICK	生孔，并不产生
AE	3E3F		MVI A, #3F	新的随机数。
B0	77		MOV M, A	
B1	09		DAD B	
B2	77		MOV M, A	
B3	C9		RET	
10B5	3AF010	RANDOM:	LDA #10F0	8位移位寄存器
B8	57		MOV D, A	伪随机序列发生器
B9	07		RLC	
BA	AA		XRA D	
BB	07		RLC	
BC	AA		XRA D	
BD	2F		CMA	
BE	17		RAL	
BF	7A		MOV A, D	
C0	17		RAL	
C1	32F010		STA #10F0	
10C4	E60F		ANI #0F	
C6	C8	RTRN:	RZ	
C7	09		DAD B	
C8	3D		DCR A	
C9	C3C610		JMP RTRN	
1100	06FF	JOYSTICK:	MVI B, #FF	
02	D300		OUT #00	触发单稳电路

续

十六进制编码		助记号		
地址	指令	标号	指令	说明
04	04	VERT LOOP:	INR B	测试垂直单
05	DB00		IN #00	稳电路看其
07	E601		ANI #01	
09	CA0411		JZ VERT LOOP	是否暂停
0C	78		MOV A、B	垂直已进行完,
0D	32F410			结果存入R4。
10	06FF		MVI B、#FF	
12	D300		OUT #00	
14	04	HOR LOOP:	INR B	测试水平单
15	DB00		IN #00	稳电路看其
17	E602		ANI #02	
19	CA1411		JZ HOR LOOP	是否暂停
1C	78		MOVA、B	
1D	32F310		STA #10F3	
20	5F	PLAYER	MOV E、A	将D0至D5添入列
21	3AF410		LDA #10F4	号根据R3和R_4
24	0F		RRC	内所存的控制棒
25	0F		RRC	数据在屏幕上产生
				游戏者。
1126	57		MOV D、A	
27	E6C0		ANI #C0	将行号中的两个最低有效位加至E的两个最低有效位上
29	B3		ORA E	
2A	5F		MOV E、A	
2B	7A		MOV A、D	
2C	E603		ANI #03	
2E	F688		ORI #88	
30	57		MOV D, A	用游戏者地址完成

续

十六进制编码		助记符		说明
址址	指令	行号	指令	
31	AF		XRA A	
32	12		STAX D	将游戏者置到屏幕上
1136	7D	HIT	MOV A、L	检查碰撞
36	E63F		ANI #3F	屏蔽挡板列号
38	57		MOV D、A	
39	3AF310		LDA #10F3	游戏者列号（R3）
3C	BA		CMP D	游戏者和挡板列号
3D	C0		RNZ	相同否？若不同，则返回。
3E	29		DAD H	
3F	29		DAD H	将行号移入H寄存器的四个最低有效位
40	7C		MOV A、H	
41	E60F		ANI #0F	屏蔽孔的行号
43	57		MOV D、A	保存孔的行号
44	3AF410		LDA #10F4	游戏者行号(R4)
47	BA		CMP D	若游戏者位于孔
48	C8		RZ	
49	3C		INR	内，则返回
4A	BA		CMP D A	
114B	C84		RZ	
4C	CD5011		CALL GAME OVER	若到此，则游戏者已碰挡板
1150	11108A	GAME OVER:	LXI D、#8A10	字幕显示的起始地址

续

十六进制编码		助记号		说明
地址	指令	标号	指令	
53	217011		LXI H、#1170	字幕位置的起始地址
56	0609		MVI B、#09	字幕尺寸
58	7E	MESSAGE:	MOV A、M	
59	EB		XCHG	
5A	77		MOV M、A	
5B	EB		XCHG	
5C	23		INX H	
5D	13		INX D	
5E	05		DCR B	
5F	C25811		JNZ MESSAGE	
62	C36211	SELF:	JMP SELF	
1170	C7C1CD	C5	"GAME OVER"	字幕
74	A0CFD6	C5		
78	D2			

图9-8 软件型穿孔游戏机的程序

程序的开头设定了HL寄存器对，使其指向与视频RAM右上角相对应的存储单元。此外，存储寄存器 R_0、R_1、R_2 和 R_5 均被预置为适当的值。对于后来的访问，这些寄存器中每个寄存器的功能规定列于表9-1内。

为了进行新一帧的视频显示，首先通过 CLR SCRN 子程序来清除屏幕。该子程序可以用空格（即十六进制编码3F）占满整个视频RAM。然后，调用 TIME 子程序并显示出“游戏者”穿过孔而没有发生碰撞的总次数。这一信

息位于RAM存储单元8B03和8B04内，显示在屏幕的左下角。由于每次调用KOUNT子程序时，垂直挡板的位置被增量或减量（每遍64次），所以使用了一个模64计数器(R_5)。这样，屏幕上的计数显示每一遍只能更新一次。

垂直挡板是由视频RAM的垂直字段完全发光而形成的。挡板在屏幕上的位置是在调用BAR子程序时由HL寄存器对的初始值决定的。由于相邻的垂直RAM单元之间相差64_{10}或40_H个存储单元，所以挡板的后续地址的形成方法是，将预置到该子程序开头0040的BC寄存器内容加到HL地址指针寄存器对上，然后再加倍即可。

一旦挡板形成并且端点被H寄存器中的8C检测到时，那么在处理机进行下一部分程序之前，也就是在挡板中置孔之前，HL寄存器对会被重新预置到下一列的开头。为了方便访问起见，特将视频RAM中较为重要的存储单元列于表9-1内。

表 9-1 穿孔游戏机所用的存储器寄存器

寄存器名称	功　能	数据存储范围	所存放的存储单元
R_0	产生孔的随机数	01-FF	01F0
R_1	孔重复系数	03（单一值）	01F1
R_2	屏幕时间	00与99(基数为10)	01F2
R_3	水平操纵棒位置的数字等值	00-3F（十六进制）	01F3
R_4	垂直操纵棒位置的数字等值	00-0F（十六进制）	01F4
R_5	模64计数器	00-3F（十六进制）	01F5

挡板中孔的产生方法使用了类似于第八章所述的伪随机数发生子程序。在此例中采用了一种8位寄存器方案及生成算法$D_0=\overline{D_7 \oplus D_6 \oplus D_5}$。该子程序被称之为RANDOM，在存储单元中的地址为10B5，在需要时可由HOLE子程序调用。为了避免每当挡板向左或向右移动一列时孔的位置连续被更新，每调用HOLE子程序4次时，R_0的内容才被更新一次。其实现的方法是，每通过一遍HOLE子程序时，对R_1增量一次。同时，只有在R_1的两个最低有效位均为0时，才改变R_0中的随机数。由于每4遍通过子程序时这种情况才出现一次，所以对于4个连续的挡板列单元来说，孔是保持在同一位置上的。这样，既使在挡板移动到新的位置时也会为“游戏者”提供穿过孔的机会。此外，为了对“游戏者”提供穿孔的更好机会，该具体程序将孔的大小定为两个空格高（见程序地址10AE到10B3）。当然，从原理上讲，孔的大小变化起来应该很容易，这样可以改变游戏的级别。但应注意，操纵棒接口子程序仍然是这部分程序中的一部分，这样，每当新的挡板形成时，“游戏者”在屏幕上的位置就被更新。

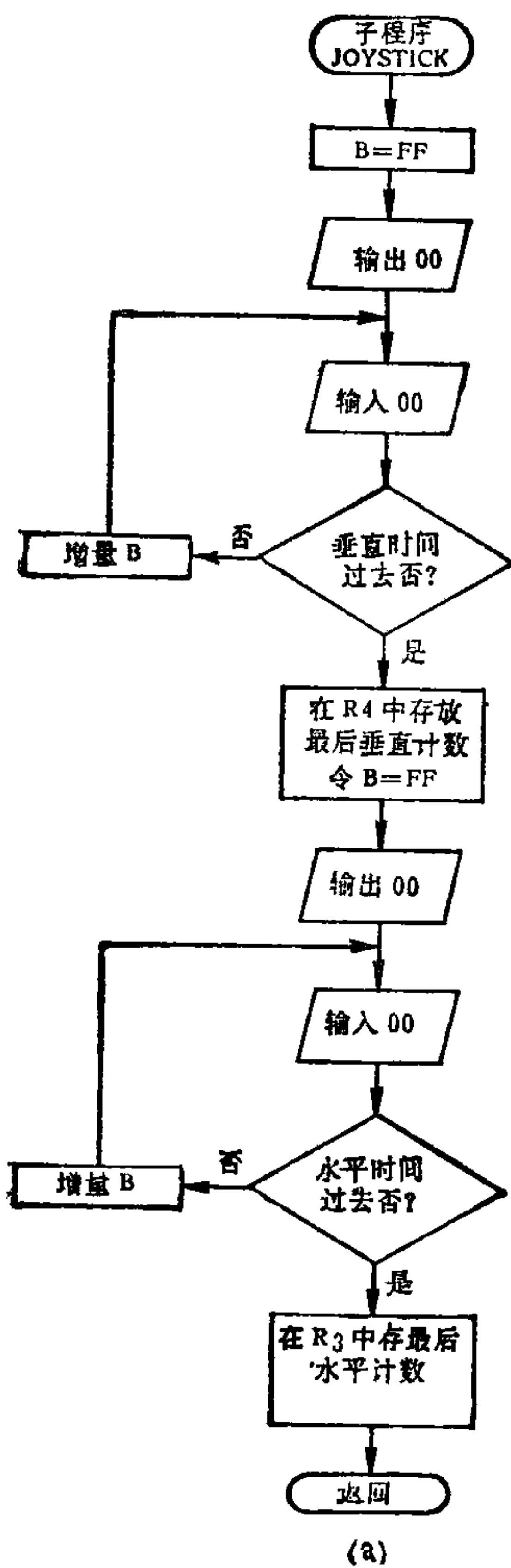
操纵棒与处理机连接时，使用了单稳态所产生的脉冲宽度与操纵棒的电阻值成正比的方法。如图9-10所示，确定了操纵棒的X和Y坐标即可有效地获得“游戏者”在屏幕上的位置。

每当处理机执行OUT指令时，都会由水平和垂直单稳态产生脉冲。当处理机处于JOYSTICK子程序的垂直部分时，它会连续地测试垂直单稳态的输出（输入端口00上的D_1位），并产生一个与操纵棒上的垂直电位器位置成正比的

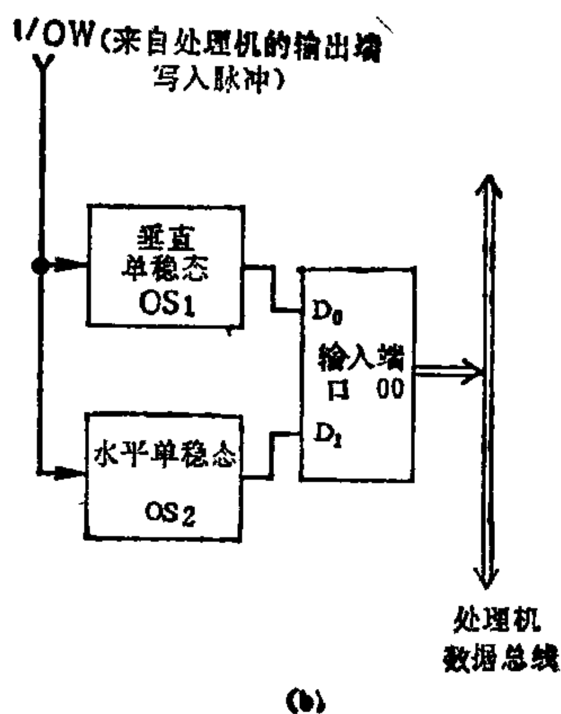
	字符0	字符1		字符62_{10}	字符63_{10}
行0	8800	8801	------------------	883E	883F
行1	8840	8841	------------------	887E	887F
行2	8880				
	88C0				
	8900				
	8940				
	8980				
	89C0				
	8A40				
	8A00				
	8A80				
	8AC0				
	8B00				
	8B40				
	8B80				
行15	8BC0	8BC1		8BFE	8BFF
超出屏幕 ⟹	8C00	8C01		8C3E	8C3F

图 9-9 穿孔游戏机中重要的视频RAM存储单元

计数。置入R_4中的00计数与"游戏者"在屏幕顶部（0行）的位置相对应，而0F与"游戏者"在屏幕底部（行15）的位置相对应。由于在执行该子程序时每遍需要32个时钟周期或16μs，所以在屏幕顶部，一个单稳态的输出大致需要10μs。而在屏幕底部，一个250μs的脉冲就会在0F的R_4中产生一个最大的计数。当然，可以使用一种类似的程序来产生操纵棒控制水平位置的数字等值。但是，在这种情况下，寄存器R_3最终所存的数字指示着64个可能的列中究竟哪一列来安置"游戏者"。由于该子程序需要使用4次才能累积最大计数，所以在此例中，来自单稳态的10μs脉宽对应于屏幕的左侧（R_3中的计数00）。而要对应于屏幕右侧时则需



(a)



(b)

(a) 操纵棒子程序流程图　　　(b) 操纵棒控制电路接口

图 9-10

要1ms的脉冲，这样可在R_3中产生3F的计数。

由操纵棒产生的X和Y坐标（行值和列值）在屏幕上产生"游戏者"位置的问题较为复杂，下面通过图9-11和由地

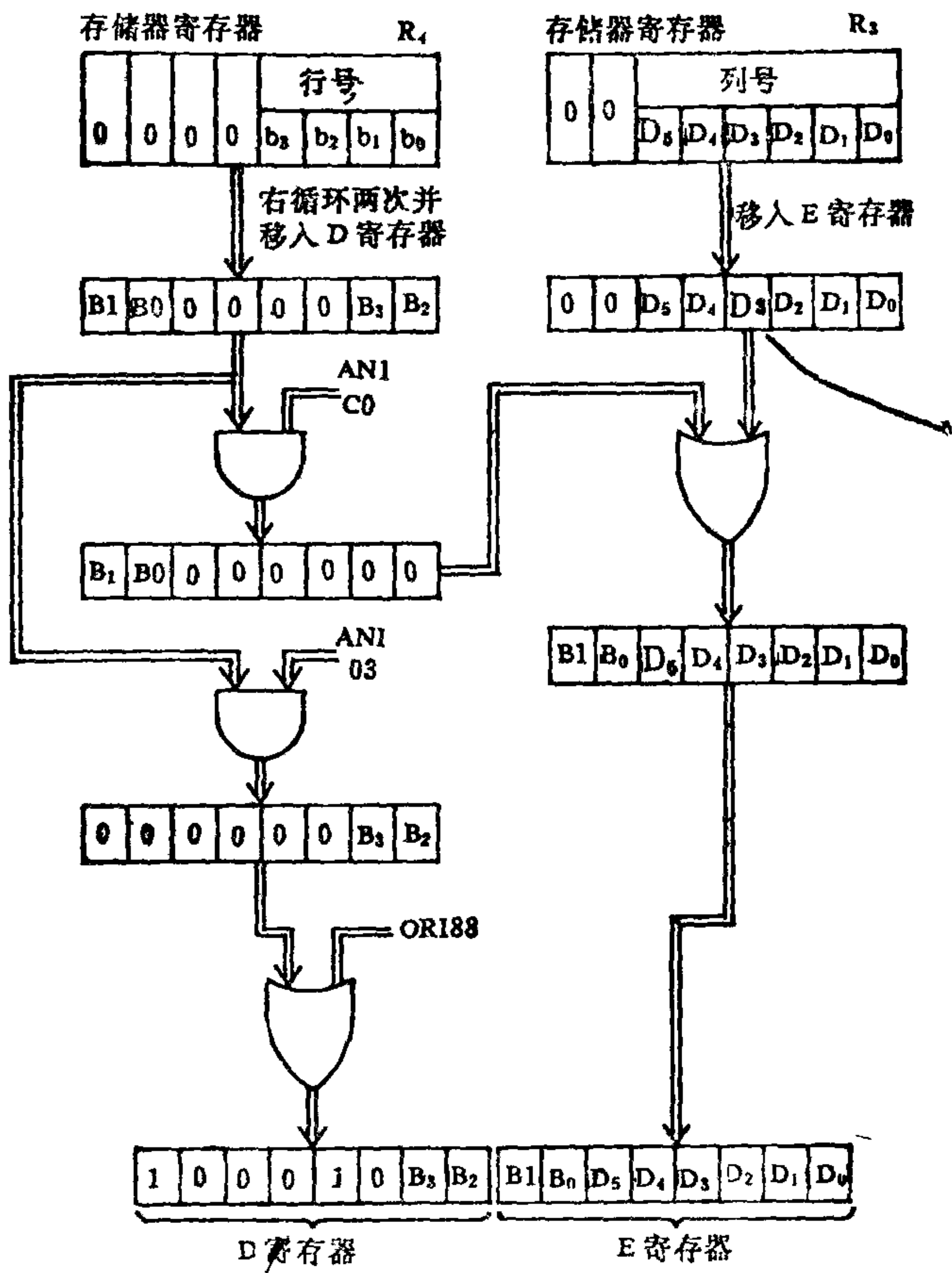


图 9-11 通过水平和垂直操纵棒控制产生"游戏者"屏幕地址

址1120开始的PLAYER GENERAT1ON（产生游戏者)子程序来进行解释。这个问题的实质是，将寄存器R_3和R_4中所存的原始数据，重新组合成该图底部所说明的形式。如图所示，这样做就需要大量的移位、屏蔽及逻辑或操作。当然，这一过程理解起来并不困难。例如，假设“游戏者”的位置置于屏幕的右上角，即从屏幕顶部开始的第一行，从最右端开始的第一列。“游戏者”位置相对应的视频RAM地址可以通过在DE寄存器对中置入行和列信息来形成，如图9-11所示。这样，就在DE寄存器对中产生了1000 1000 0111 1110或者“游戏者”地址887E。将这一结果与图9-9中给定这一位置的相应地址相比较，即可说明这种算法的正确性。

一旦产生了“游戏者”地址，机器就会将它在屏幕上显示出来，并检查是否与挡板发生碰撞。为此，首先要对“游戏者”和挡板的位置进行比较，看其是否处在同一列。由于在程序中的这一点上，挡板开孔的位置位于HL寄存器对内，而“游戏者”的位置位于DE寄存器对内，所以要进行列检测就必须比较L和E寄存器的前6位。如果它们不一致，即游戏者列号不同于挡板的列号，那么就说明没有发生碰撞。如果它们一致，除非“游戏者”的位置处于挡板开孔之内，否则就说明发生了碰撞。要进行这种检查，可以通过HL寄存器对本身自加两次再进行加倍的方法，使H寄存器中的D_1位和D_0位和L寄存器中D_7和D_6位的信息移入H寄存器的低4位。然后，将这些位进行屏蔽，并与含有孔行号的R_4内容进行比较。如果使用该行号或该行的下一行（也是孔的一部分）进行比较时二者相同，那么就是没有发生碰撞。如果二者不同，则是发生了碰撞。这时，会调用GAME OV-

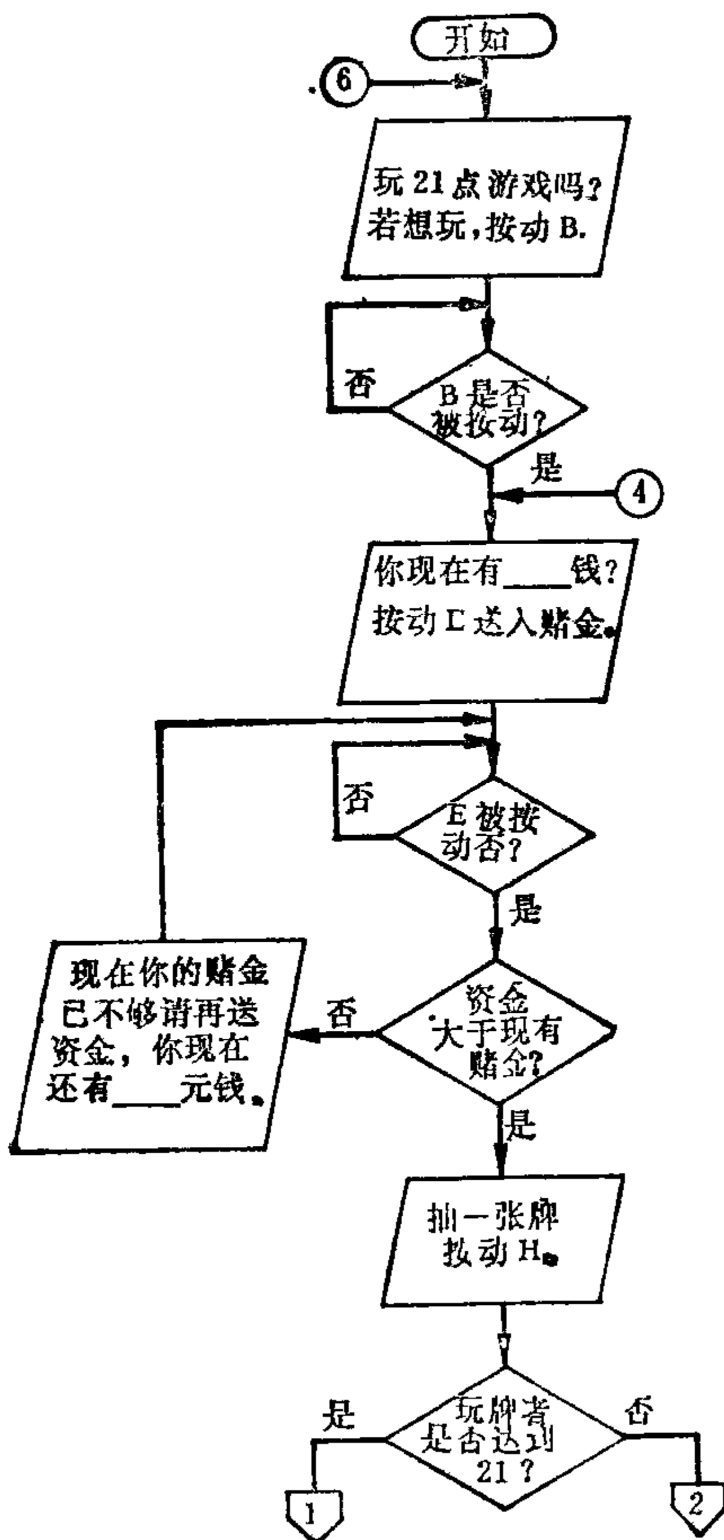
ER（游戏结束）子程序而终止游戏。

9.3 “二十一点”——一种微电脑控制的电视游戏机

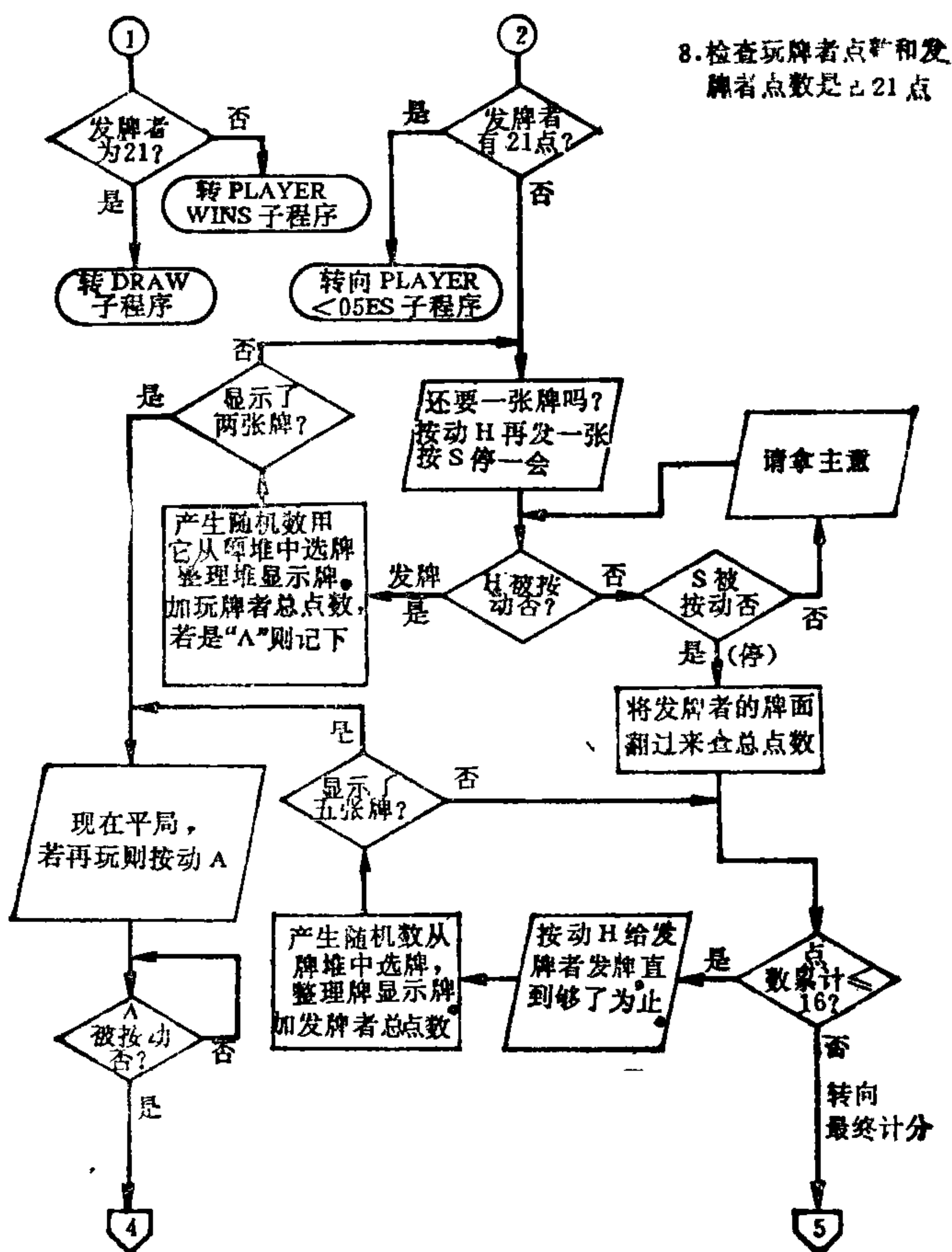
“二十一点”游戏的历史较为悠久，它诞生于中世纪，但至今仍然是欧美大陆较为流行的一种扑克游戏。图9-12是二十一点游戏机程序流程图。玩这种游戏时，所有玩牌者的竞争对手是发牌者。最终的目的是获得最高分数，但是不得超过21。一旦玩牌者的分数超过21，那么不管发牌者的分数是多少就算“破了”。在计分时，“A”可以作为1点或11点来计算，具体视持牌者意见而定。印有人面象的牌，其点数均为10点。例如，某一玩牌者持有一张“[illegible]”，一张“Q”和一张“5”，那么其总计的点数为16或26。由于后者的点数算破分，所以最后的点数可以定为16。

玩“二十一点”游戏时，每个人发两张牌，一张牌的牌面朝上，另一张牌的牌面朝下。一张“A”与一张“10”或带人的牌加起来就是二十一点，被称为一个“贯”。获得贯的发牌者可以从没有贯的玩牌者手中赢得所下的赌注。而对于也得了贯的玩牌者来说，双方算平手。相反，玩牌者得了贯，而发牌者没有得到，那么玩牌者按原赌注计算，每2美元可赢3美元。

若在所发的前两张牌中没有一个人获得二十一点，则每个玩牌者可依次请求发牌者继续发牌。牌面朝上，来碰碰运气，以期获得更接近于21的点数。若再抽一张牌后总点数超



1. 调用 CLRSCRN 子程序
2. 将赌金预置为 500 元
3. 形成 52 张的牌堆
4. 显示赌金
5. 调用 CREATE 以产生前两张玩牌者的牌和前两发牌者的牌。玩牌者的牌面均向下，第一张发牌者的牌牌面向下。
6. 随机选择牌，只抽出不放回，每选一张牌后整理牌堆。
7. 将部分点数累计和"A"的数各自保存到寄存器中。



8.检查玩牌者点数和发牌者点数是否21点
1
发牌者为21?
否
转PLAYER WINS子程序
是
转DRAW子程序
2
是
发牌者有21点?
否
转向PLAYER <05ES子程序
否
是
显示了两张牌?
还要一张牌吗？按动H再发一张按S停一会
请拿主意
产生随机数用它从牌堆中选牌整理堆显示牌，加玩牌者总点数，若是"A"则记下
发牌
是
H被按动否?
否
S被按动否
否
是(停)
将发牌者的牌面翻过来查总点数
是
显示了五张牌?
否
现在平局，若再玩则按动A
A被按动否?
否
是
4
产生随机数从牌堆中选牌，整理牌显示牌加发牌者总点数
按动H给发牌者发牌直到够了为止
是
点数累计≤16?
否
转向最终计分
5

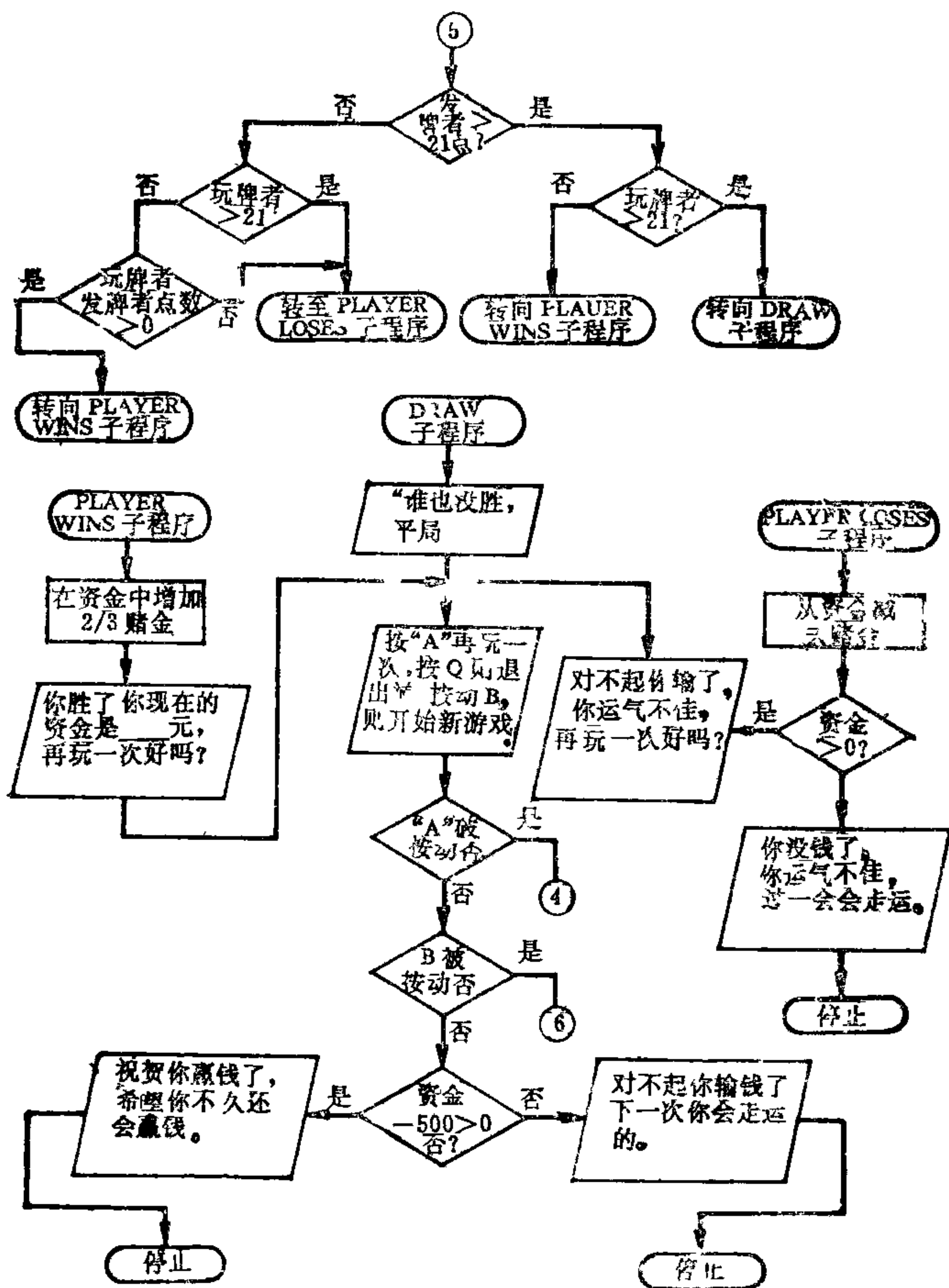


图 9-12　二十一点游戏机程序流程图

过了21，则该玩牌者就会告诉发牌者“暂停”，而不再要下面的牌了。其它玩牌者也以同样的方式请求发牌。当所有玩牌者都要求停止发牌时，发牌者即算发完了牌。

表 9-2 二十一点游戏程序中所用的子程序概览

子程序名称	子程序所要求的信息	子程序所提供的信息	子程序起始地址
GEN CARD	牌在HL寄存器对中的显示点，B寄存器中的花色和点数	显示所选择的牌（使用OUTLINE、SUIT，SELECT，AND POINT SELECT子程序1	1020
SUIT SELECT	HL寄存器对中的牌显示点，B寄存器中的花色和点数	产生显示花色图案的存储单元地址，置入DE寄存器对中的地址	1060
POINT SELECT	HL寄存器对中的牌显示点，B寄存器中的花色和点数。	产生显示牌面值图案的地址，置入DE寄存器对中的地址	1080
OUTLINE	HL寄存器对中的牌显示点	屏幕上一张牌的构成轮廓	0100
PATTERN DISPLAY	HL寄存器对中的图案屏幕目标，DE寄存器对中的图案源	在先前所抽牌的轮廓中显示12字符图案	0131
FORM DECK	无	将存放在存储单元1100～1133中的52张牌形成牌堆	1040
PACK DECK	HL寄存器对中的牌单元	从牌堆中取出一张牌并置入寄存器B，将余下的牌摞齐，将C（牌堆计数）寄存器减1。	1F20
MESSAGE	HL寄存器对含有存	在屏幕上显示信息，	1F40

表 9-2　二十一点游戏程序中所用的子程序概览

子程序名称	子程序所要求的信息	子程序所提供的信息	子程序起始地址
GEN CARD	牌在HL寄存器对中的显示点，B寄存器中的花色和点数	显示所选择的牌（使用OUTLINE、SUIT，SELECT，AND POINT SELECT子程序1	1020
SUIT SELECT	HL寄存器对中的牌显示点，B寄存器中的花色和点数	产生显示花色图案的存储单元地址，置入DE寄存器对中的地址	1060
POINT SELECT	HL寄存器对中的牌显示点，B寄存器中的花色和点数。	产生显示牌面值图案的地址，置入DE寄存器对中的地址	1080
OUTLINE	HL寄存器对中的牌显示点	屏幕上一张牌的构成轮廓	0100
PATTERN DISPLAY	HL寄存器对中的图案屏幕目标，DE寄存器对中的图案源	在先前所抽牌的轮廓中显示12字符图案	0131
FORM DECK	无	将存放在存储单元1100～1133中的52张牌形成牌堆	1040
PACK DECK	HL寄存器对中的牌单元	从牌堆中取出一张牌并置入寄存器B，将余下的牌摞齐，将C（牌堆计数）寄存器减1。	1F20
MESSAGE	HL寄存器对含有存	在屏幕上显示信息，	1F40

续表

子程序名　称	子程序所要求的信息	子程序所提供的信息	子程序起始地址
CHECK BET	无	检查赌注是否大于赌资，若赌注太大则告诉玩牌者继续送入赌金。	1FA0
CREATE	无	从牌堆中抽牌，并将牌点值置入A寄存器，整理牌堆。	1FD0
CLR SCRN	无	在视频显示器上送入所有赌金。	00F2

若发牌者所发的前两张牌点数小于17，则必须另抽一张牌。若这时发牌者的总点数仍小于17，则必须再抽牌，直到破了或获得大于16的总点数为止。若发牌者所发的前两张牌点数超过了16，则不再抽牌。也就是，发牌者的总点数必须在17以上。若到时候没有一个玩牌者的总点数超过21，包括所有的玩牌者和发牌者，则点数接近21者为胜。

本章下面所讨论的"二十一点"电视游戏机完全遵循上述的游戏原则，并基本上按照图9-12中给定的流程图进行操作。这里应特别强调，这种游戏机在国外游戏场上有时用于赌博，但其程序比较典型。之所以在此处作重点介绍，是让读者掌握游戏机的程序设计技巧，以尽快设计出具有中华民族特点的有益节目的电视游戏机来。

这种游戏机所需要的程序比较长（接近2k字节），所以为了理解它的操作，应该先讨论更加重要的子程序结构。然后再将其综合到游戏机的总体设计中去。这些子程序及其功

能如前面表9-2所示。有关这些子程序的完整程序列于本章结尾处。图9-13示出了存储器映象，它说明了各子程序在存储器中的位置，并指出了其相对的规模。

前面 16 行数字

页面号码	0/8	1/9	2/A	3/B	4/C	5/D	6/E	7/F	
00(HI)		牌堆			整牌堆			清屏幕	
01(LO)	轮廓			牌面显示		显示花色的数据			
10			产生牌		理牌堆		花色选择		
10	点数选择		寄存器	平局					
11(LO)	整理后的牌堆								
13	字幕								
13									
14									
14									
15									
15									
16									
16									
17	玩牌者胜						玩牌者输		1800
17	玩牌者输			最终积累点数					退出
1C	主程序								
1C	主程序								
1F	键盘中断		整理牌堆		字幕	随机	赌金		
1F	赌金		检查赌金						

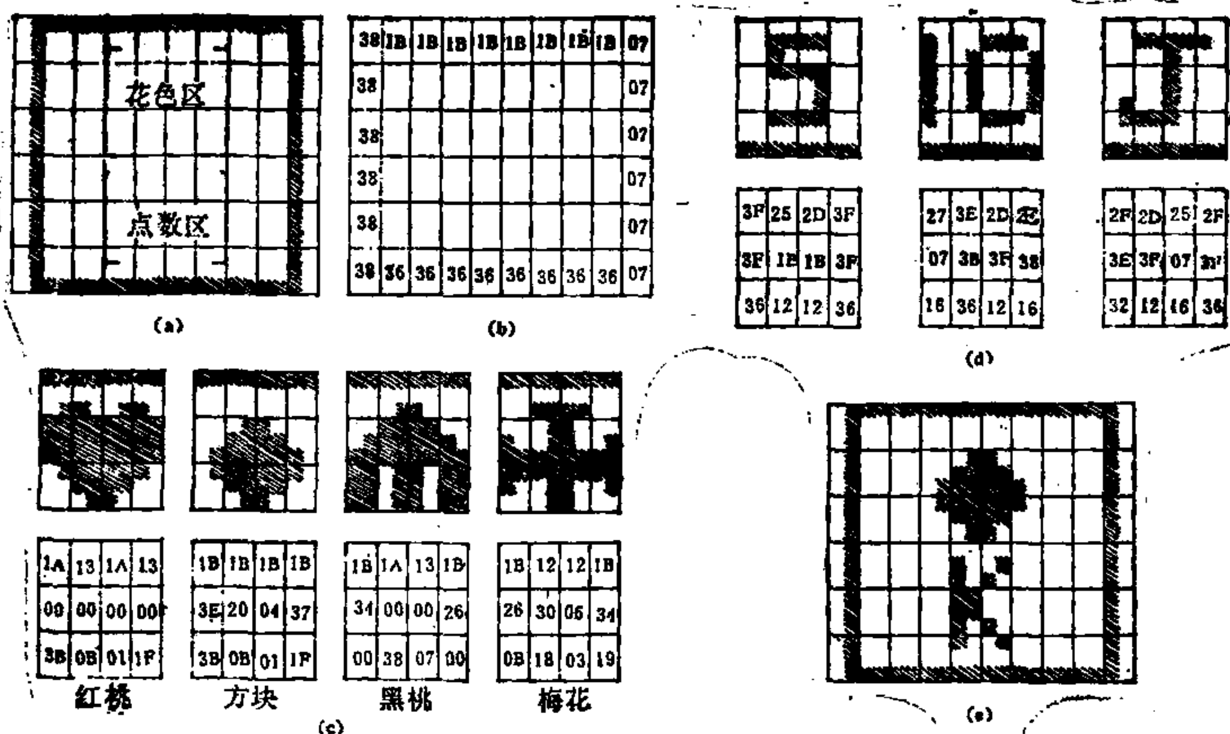
图 9-13　二十一点程序的存储器排列

在讨论游戏机的子程序之前，先来回顾一下基本的显示系统，即视频RAM。RAM共显示了16行，每行含有64个字符，总共1024个符号。这些符号可以是字母数字，也可以是图形，但应符合第八章所规定的格式。连接这种游戏机的字母数字信息用前两行视频RAM表示。LINE 0 位于存储单元8800到883F。LINE 1 位于存储单元8840到887F。屏幕上所显示的每一张牌占据着高 6 行、宽10个字符的屏幕区。该游戏机允许单个玩牌者与发牌者进行游戏，最多可以显示 5 张发牌者的牌和5张玩牌者的牌。

玩牌者的牌由行 2 到行 7 来表示，对于第 1 张到第 5 张牌，每张玩牌者的牌，其左上角起始地址分别为 8881、888D、8899、88A5及88B1。相应之下，发牌者的牌由行 8 到行13来表示。第 1 到第 5 张牌的起始地址分别为8A41、8A4D、8A59、8A65及8A71。

产生一张具体牌的过程包括三个单独的步骤。第一步，在图9-14所给定的10个起始地址中的一个地址上画出所选择牌的轮廓。然后，按照从牌堆中所选的具体牌，将牌的花色置入牌轮廓的上部，最后将牌的面值置入牌轮廓的下部。用来连接具体游戏的总共18个符号（1 个牌轮廓、4 种花色、13个牌面值）存入ROM的0151到0290存储单元。这些图形的一个实例示于图9-14。

要玩实际的二十一点电子游戏，程序的执行应从主程序的 1 C00存储单元开始。这一部分程序的目的是对玩牌者和发牌者各发两张牌。该程序在执行以前，需先清理屏幕，即在所有视频 RAM 单元中送入空格。这是由 CLR SCRN 子程序完成的。为了简化起见，我们使用了一部分特定的存储



(a) 牌的轮廓　(b) 产生（a）中图形的视频RAM中所存的数据　(c) 牌的花色显示及其相应的视频RAM数据　(d) 几张所选牌的面值点数显示　(e) 方块K的整个图形显示

图 9-14　用视频RAM显示牌面

单元作为“存储寄存器”来保存游戏中所使用的某些数据。这种游戏机所使用的寄存器列于表9-3内。在新的游戏开始时，玩牌者的赌注（R_E和R_F）被置为500美元。玩牌者和发牌者的牌点计数器（R_E和R_F）均清为0。

一旦屏幕被清，则首先显示的字幕是：“HOW ABOUT A GAME OF BLACK JACK—HIT B IF YOU'D LIKE TO PLAY。”（请玩二十一点游戏，若你想玩，则请按动B）。这样，一部分存储器的内容（字幕部分）被直接传送到屏幕上的字幕区。字幕没有固定的长度。这一传送操作一直进行到碰到一个专用符号为止。在这种游戏机中，

一旦检测到@即终止字幕。图9-15示出了这一专用字幕的实际ASCII编码。有一点是很明显的，即游戏字幕的存放需要占用大量的存储单元。实际上，这种游戏所用的字幕共占几乎达1k字节的数据存储器。

玩 21点游戏吗？
若玩，按动 B

(a)

C8	CF	D7	A0	C1	C2	CF	D5	D4	A0	C7
C1	CD	C5	A0	CF	C6	A0	C2	CC	C1	C3
CB	CA	C1	C3	C8	BR	A0	AD	C8	C9	D4
D4	A0	A2	C7	A2	A0	C9	C6	A0	D9	CF
D7	A4	C4	A0	CC	C9	C9	C5	A0	D4	CF
A0	D0	CC	C1	D9	C0					

(b)

(a) 二十一点游戏机所用的开始字幕　(b) 上述字幕所对应的ASCII
编码（注：最后一个字节CO是符号ⓐ的ASCII编码词条）

图 9-15

有的字幕含有可变的或固定的信息。例如，在字幕"YOU WON $500—YOUR BANKROLL IS NOW $850。HIT A IF YOU'D LIKE TO PLAY ANOTHER GAME AND Q IF YOU WANT TO QUIT"（你赢了500美元，现在你的赌金是850美元。如果你还想玩，则请按动A。如果你想退出游戏，则请按动Q）中，除了所赢赌注和原有赌金固定以外，其它均不固定。这样，为了产生这些字幕，应该首先显示字幕的固定部分。在必须送入的可变数据信息部分插入空格。然后，调用UNPACK子程序在屏幕上显示专用存储区的内容。作为这种技术的一个实例，读者不妨注意一下存储单元1C1C到1C30所存的程序部分（图9-16）。这段程序可以使玩牌者的赌注信息（存放在存储寄存器R_3和R_4内）在屏幕上显示出来。

表 9-3 二十一点游戏机所使用的存储寄存器

玩牌者			发牌者		
地址	名称	功能	地址	名称	功能
10A0	R_0	牌数小计	10A7	R_7	牌数小计
1021	R_1	LO（低） } 赌注值	10A8	R_8	暗牌
10A2	R_2	HI（高） } 赌注值	10AC	R_C	LO } 现行牌屏幕地址
10A3	R_3	LO } 赌金			
10A4	R_4	HI } 赌金	10AD	R_O	HI } 现行牌屏幕地址
10A5	R_5	LO } 现行牌屏幕地址	10AD	R_F	发牌者牌点计数
10A6	R_6	HI } 现行牌屏幕地址			
10AE	R_E	玩牌者牌点计数			

十六进制编码		助记符		说明
地址	指令	标号	指令	
1C00	CDF200	BEGIN:	CLR SCRN	开始游戏
03	210005		LXI H #0500	将赌金预置为500美元，
06	22A310		SHLD #10A3	
09	210013		LXI H、#1300	字幕：玩二十一点游戏好吗？
0C	CD401F		CALL MESS	
0F	CD501F		CALL RAND-OM INIT	
12	AF	ANOTHER:	XRA A	开始另一轮
13	21AE10		LXI H,#10AE	清玩牌者和发牌者的牌点计数。
16	77		MOV M, A	
17	23		INX H	
18	77		MOV M, A	

续

十六进制编码		助　记　符		说　明
地址	指令	标号	指令	
19	CD4010		CALL FORM DECK	
1C	215013		LXI H,#1350	字幕：你有…美元
1F	CD401F		CALL MESS	
22	2AA310		LHLD#10A3	向HL寄存器对送赌金
25	5D		MOV E、L	在屏幕上先前字幕左面空格内显示赌金
26	7C		MOV A、H	
27	215A13		LXI H、#135A	
2A	CDC500		CALL UNPACK	
2D	7B		MOV A、E	
2E	CDC500		CALL UNPACK	
31	CD631F		CALL BET	送入赌注
34	CDA0F		CALL CHK BET	检查赌注是否大于赌金
37	CDF200		CALL CLR SCRN	若赌注不大于赌金，则可以发牌了。字幕"按动H，发牌"为第一张游戏者牌产生随机数
3A	21001D		LXI H,#1D00	
3D	CD401F		CALL MESS	
1C40	CD501F		CALL RANDOM INIT	
43	CDF200		CALL CLR SCRN	
46	CDD31F		CALL SUB CREATE	产生新牌，撮齐牌堆
49	FE01		CPI #01	将点数置入A检查牌点
4B	CA511C		JNZ NO ACE	

续

十六进制编码		助记符		说明
地址	指令	标号	指令	
4E	32AE10		STA #10AE	记录牌点值
51	3AA010	NOACE:	STA #10A0	保存部分总数，预
54	218188		LXI H, #8881	置第一张游戏者牌的位置
57	CD2010		CALL GEN CARD	在屏幕上显示牌
5A	CDD01F		CALL CREATE	从牌堆中抽第二张
5D	FE01		CPI #01	牌检查牌点，
5F	CA651C		JNZ NO ACE	
62	32A010		STA #10AE	若平局，则保存在牌点计数器内
65	21A010	NO ACEY:	LXI H, #10A0	更新游戏者牌点总数
68	86		ADD M	
69	27		DAA	
6A	FE11		CPI #11	游戏者达到21点没有?
6C	F5		PUSH PSW	保存结果待用。
6D	77		MOV M、A	保存牌点总数，
6E	218D88		LXI H. #888D	预置第二张牌的位置
71	CD2010		CALL GEN CARD	显示第二张游戏者的牌
74	CDD01F	DEALER CARDS:	CALL CKEATE	抽第一张发牌者的牌
77	21A710		LXI H、#10A7	
7A	77		MOV M, A	保存发牌者部分总数

续

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
7B	23		INX H	
7C	70		MOV M, B	保存第一张牌待用
1C7D	21418A		LXI H, #8A41	发牌者牌的屏幕位置
81	C5		PUSH B	
82	E5		PUSH H	
85	CD0001		CALL OUT LINE	隐藏牌面只显示轮廓
86	E1		POP H	
87	C1		POP B	
8A	CDD01F		CALL CREATE	抽第二张发牌者的牌
8D	21A710		LXI H, #10A7	预置发牌者小计位置
8E	86		ADD M	形成小计
8F	27		DAA	
91	FE11		CPI #11	检查发牌者是否超过21点
92	77		MOV M, A	保存部分和
93	F5		PUSH PSW	在堆栈上保存21
96	214D8A		LXI H, #8A4D	建立第二张牌地址
99	CD2010		CALL GEN CARD	
9A	F1		POP PSW	检查发牌者是否超过21点
9D	CAA41C		JZ DEAL 21	

续

十六进制编码		助记符		说明
地址	指令	标号	指令	
9E	F1		POP PSW	如果发牌者没有超过21点，则检查游戏者是否超过21点
A1	CA0017		JZ PLAY WIN	
A4	C3201E		JMP NEX PLAYCARD	
A5	F1	DEAL 21:	POP PSW	发牌者达21点，检查玩牌者是否达到21点
A8	C26517		JNZ PLAY LOSE	
	C3F717		JMP DRAW	双方均为21点

图 9-16 二十一点游戏机主程序

向玩牌者和发牌者给出前两张牌后，现在再返回到主程序。在屏幕被清以后，游戏机请求字幕显示，玩牌者应按动B键，说明有兴趣玩二十一点游戏，程序会在存储单元1100到1133产生一堆新的52张牌，具体是由FORM DECK子程序实现的。该子程序在主程序中位于地址1040。这种牌所用的格式与前面所述相同。牌字节中最高有效位的十六进制字符决定了牌的花色，1对应于红桃，2对应于黑桃，3对应于梅花，4对应于方块，而低4位用来指示牌点值。

该程序之后，紧接着是请求玩牌者投入赌注的字幕。赌注为4位数。接着按E。一旦送入了赌注，则程序就会检查赌注的多少，看是否超过了玩牌者的赌金。在赌注超过了赌金的情况下，屏幕上会显示出玩牌者再送入适当赌金的字

幕。如果赌注没有超过赌金，那么赌注值就会被存放在玩牌者赌注寄存器R_1和R_2中。这时屏幕上会出现字幕“HIT H TO DEAL A CARD”（按动H，要求发一张牌）。要从牌堆中选择第1张牌，程序在这一点上需要转入RANDOM（随机数产生）子程序。除非玩牌者按动一个键中断了游戏，否则程序会保持在该子程序的循环中，继续产生从1～N之间的随机数。其中N表示牌堆中的剩牌数。这样，开始时该子程序可以产生1～52之间的数字。随着游戏的进行，牌堆内牌的数量减小，这些数的范围也随之减小。

当玩牌者在键盘上按动H键请求一张牌时，主程序即离开RANDOM子程序，B寄存器中所存的最后数字将与从牌堆中所选择的牌相对应。紧接着，玩牌者请求这张牌（见图9-16中主程序中的地址1C40），屏幕被清，并调用CREATE子程序。该子程序将所选择的牌从牌堆中抽出，整理牌堆后，将牌点值置入A寄存器。牌点数也被存入牌数小计寄存器(R_0)。另外，如果这张牌是“A”，则会记录在玩牌者的“A”寄存器(R_E)内，留以后待用。进行这些检查后，第1张牌就会在屏幕上的对应位置上（屏幕单元8881）显示出来。当玩牌者在键盘上按动H键请求另一张牌时，第2张牌会以同样方式在屏幕上的相应位置上显示出来。这时，玩牌者牌数的小计会更新并存入R_0。

玩牌者再按动两个H会使发牌者的前两张牌在屏幕上显示出来。但是，第1张牌的牌面朝下，也就是说仅显示这张牌的轮廓。发牌者点数小计和“A”计数被存入到数据存储寄存器R_7和R_F内。

在此需要检查发牌者和玩牌者是否达到了二十一点，见

程序步1C8F到1CAA。这一点是通过将两者的小计值与11进行比较而实现的。在游戏中，任何"A"都被看作1点。如果没有人获得二十一点，那么主程序就从这一点上退出，转移到REMAINING CARDS(剩余牌）子程序上，见图9-17。如果有人达到21点，则转至相应的游戏终止程序（玩牌者胜、玩牌者输或平局）上。

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
1E20	218D88	NEX PLAY CD:	LXI H, #888D	
23	22A510		SHLD #10A5	存第三玩牌者地址
26	21401D	NEX CARD:	LXI H, #1D40	字幕HIJ H FOR HIT（按动H碰一次运气）
29	CD401F	BACK:	CALL MESS	按动S停止发牌
2C	CD521F	ONE MORE:	CALL RANDOM	为下一轮选牌
2F	FED3		CPI #D3	检查停牌
31	CA801E		JZ DEALER CARD	
34	FE		CPI #CB	检查运气如何
36	CA401E		JZ HIT ONE	
39	212010		LXI H, #1020	
3C	C3291E		JMP BACK	
1E40	2AA510	HIT ONE:	LHLD #10A5	
43	70		MOV A,L	为下一张牌更新屏幕地址
44	C60C		ADI #0C	
46	6F		MOV L,A	
47	FEBD		CPI #BD	检查牌数
49	C2521E		JNZ OK	

续

十六进制编码		助记符		说明
地址	指令	标号	指令	
4C	219011		LXI H, #1190	字符"…HIT AIF YOU'D LIKE ANOTHER GAME (若再玩一次,则按A)
4F	CD401F		CALL MESS	
52	22A510	OK:	SHLD #10A5	保存地址
55	E5		PUSH H	保存堆栈上牌的地址
56	CDD31F		CALL SUB CREATE	产生另一张牌
59	CDD01E		CALL ACE CHK	计入先前小计
5C	86		ADD M	形成新的小计并保存起来
5D	27		DAA	
5E	77		MOV M, A	
1E5F	E1		POP H	取回屏幕地址
60	F5		PUSH PSW	
61	CD2010		CALL GEN CARD	显示下一张玩牌者牌
64	F1		POP PSW	检查玩牌者牌是否超过21点
65	FE22		CPI #22	
67	DA2C1E		JC ONE MORE	询问玩牌者是否要另一张牌
6A	C36517		JMP PLAYER LOSES	玩牌者超过21点
1E80	3AAB10	DEALER CARD.	LDA #108A	取回第1张牌
83	47		MOV B、A	

续

十六进制编码		助记符		说明
地址	指令	标号	指令	
84	21418A		LXI H, #8A41	第一张牌的屏幕地址
87	CD2010		CALL GEN CARD	翻开第一张发牌者的牌
8A	3AA710		LDA #10A7	检查是否发牌者点数小计≤16
8D	FE17		CPI #17	
8F	D2B017		JNC FINALL TALLY	
92	216014		LXI H, #1460	字幕"按动H对发牌者给牌，直至他说行了为止，"
95	CD401F		CALL MESS	
98	214D8A		LXI H、#8A4D	为第三张发牌者的牌建立地址
9B	22AC10		SHLD #10AC	
9E	7D	NEW CARD:	MOV A,L	将牌地址指针向右移一张牌
9F	C60C		ADI #0C	
A1	6F		MOV L,A	检查牌数
A2	FE7D		CPI #7D	
A4	C2AD1E		JNZ OK1	
A7	219011		LXI H, #1190	检查字幕
AA	CD401F		CALL MESS	
1EAD	22AC10	OK1:	SHLD #10AC	
B0	E5		PUSH H	
B1	CDD01F		CALL CREATE	产生下一张牌
B4	CDD01E		CALL ACE CHK	计入发牌者小计
B7	86		ADD M	更新发牌者小计
B8	27		DAA	
B9	77		MOV M,A	

续

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
BA	E1		POP H	
BB	F5		PUSH PSW	
BC	CD2010		CALL GEN CARD	在屏幕上置牌
BF	F1		POP PSW	检查是否发牌者点数≥17
C0	FE17		CPI #17	(无进位)
C2	D2B017		JNC FINAL TALLY	
C5	2AAC10		LHLD #10AC	计入新牌地址
C8	C39EIE		JMP NEW CARD	
1ED0	FE01	ACE CHK:	CPI #01	检查"A"牌
D2	C2D81E		JNZ NO ACE	
D5	3AAF10		STA #10AF	
D8	21A710	NO ACE:	LXI, H、#10A7	计入发牌者寄存器小计
DB	C9		RET	

图 9-17 "二十一点"游戏机程序中的REMAINING CARDS子程序

该子程序一开始，屏幕上会显示出字幕、"HIT H FOR A HIT AND S TO STAY"(按动H碰一次运气，按动S暂停)。在这一部分程序中，每按动一次键，就会检查一下按动的是H还是S。每当玩牌者请求碰一次运气时，由RANDOM子程序所选择的一张牌就会置于合适的屏幕

单元。此外，玩牌者牌数小计和"A"计数也都会更新，并检查牌数是否超过了屏幕所允许的最大牌数(5)。这时，屏幕上会出现字幕："MAXIMUM NUMBER OF CARD IN THIS GAME IS FIVE－SO IT'S A DRAW－HIT A IF YOU'D LIKE ANOTHER GAME OR Q TO QUIT"（该游戏中的最大牌数为5。这次平局，你若要继续进行游戏，则需按动A；你若想退出游戏，则应按动Q)。

除了进行牌数检查以外，还要检查玩牌者点数小计，看其是否破了，也就是说是否超过21。若超过21，则程序转至PLAYER-LOSES（玩牌者输了）子程序，游戏结束。但是，若其点数小计仍在22以下，则程序直接返回到NEX-CARD（下一张牌）位置，并询问玩牌者是否请求下一张牌。当玩牌者请求停止发牌时，则程序从玩牌者方式退出，转入程序的DEALER-CARDS（发牌者要牌）部分。

该子程序开始时，原来牌面朝下的发牌者的牌翻过来显示出牌面。这时，检查一下总点数是否小于17。若小于17，则显示字幕："HIT H TO GIVE DEALER A CARD UNTIL HE SAYS HE'S DONE"（按动H给发牌者一张牌，直到他说行了为止)。每当按动H键时，会显示出另一张发牌者的牌，而且发牌者的牌数小计和总点数也随之更新。若发牌者的牌数超过5，则游戏停止。一旦发牌者总点数大于16，则程序转移到FINAL-TALLY子程序。在此进行游戏结果的最后判定。

这一部分程序如图9-18所示。该程序主要由三大子程序组成，即PLAYER-WINS（玩牌者赢）子程序（由存储单

元1700开始）、PLAYER-LOSES（玩牌者输）子程序（由存储单元1765开始）以及FINAL-TALLY（最后判定）子程序（由存储单元17B0开始）。

十六进制编码 地址	指令	助记符 标号	指令	说明
1700	216115	PLAYER WINS:	LXI H, #1561	字幕：你赢了 你现在赌金是……美元
03	CD401F		CALL MESS	
06	119999		LXI D, #9999	预置被除数寄存器
09	2AA110		LHLD #10A1	
0C	7D	LOOP:	MOV A,L	计入赌注并乘以3/2
0D	CC98		ADI #98	
0F	27		DAA	
10	6F		MOV L,A	用10的反码从HL寄存器对上减2
11	7C		MOV A, H	
12	CE99		ACI# 99	
14	27		DAA	
15	67		MOV H, A	
16	F5		PUSH PSW	进行完时，HL=0（保存标志位）
17	3E01		MVI A, #01	DE寄存器对加十进制1，当进行完循环时，1/2赌注置入DE寄存器对
19	83		ADD E	
1A	27		DAA	
1B	5F		MOV E, A	
1C	3E00		MVI A, #00	
1E	8A		ADC D	
1F	27		DAA	

续

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
20	57		MOV D, A	
21	F1		POP PSW	检查是否做完循环
22	DA0C17		JC LOOP	
25	2AA110		LHLD #10A1	将赌注置入HL
28	7D		MOV A, L	形成3/2赌注并将答案置入DE
29	83		ADD E	
2A	27		DAA	
172B	5F		MOV E, A	
2C	7C		MOV A, H	
2D	8A		ADC D	
2E	27		DAA	
2F	57		MOV D, A	
30	2AA310		LHLD #10A3	计入赌金
33	7D		MOV A, L	将赢的赌注加入到赌金中
34	83		ADD E	
35	27		DAA	
36	6F		MOV L, A	
37	7C		MOV A, H	
38	8A		ADC D	
39	27		DAA	
3A	67		MOV H, A	
3B	22A310		SHLD #10A3	保存新赌金
3E	45		MOV B, L	L内容保存在B内,H内容仍保存在A内
3F	212588		LXI H, #8825	赌金屏幕位置

续

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
42	CDC500		CALL UNPACK	在赢了的字幕中显示赌金
45	78		MOV A, B	
46	CDC500		CALL UNPACK	
49	210988		LXI H, #8809	赌注屏幕位置
4C	7A		MOV A, D	在赢了的字幕上显示赌注
4D	CDC500		CALL UNPACK	
50	7B		MOU A, E	
51	CDC500		CALL UNPACK	
54	CD101F	CHECK KBD:	CALL KBD IN	
1757	FED1		CPI #D1	检查"Q"
59	CABA10		JZ QUIT	
5C	FEC2		CPI #C2	检查"B"
5E	CA001C		JZ BEGIN	
1761	C3121C		JMP ANOTHER	至此是否按动了A键或其他键
		PLAYER		
1765	2AA310	LOSES:	LHLD #10A3	计入赌金
68	EB		XCHG	赌金置入DE
69	2AA110		LHLD #10A1	计入赌注
6C	37		STC	从赌金中减去赌注
6D	3E99		MVI A, #99	
6F	CE00		ACI #00	
71	95		SUB L	
72	83		ADD E	
73	27		DAA	最终结果在HL内
74	6F		MOV C, A	
75	3E99		MVI A, #99	

续

十六进制编码		助记符		
地址	指令	标号	指令	说明
77	CE00		ACI #00	
79	94		SUB H	
177A	82		ADD D	
7B	27		DAA	
7C	67		MOV H, A	
7D	22A310		SHLD #10A3	保存更新了的赌金
80	5B	ZERO CHECK·	ORA L	
81	C28E17		JNZ YOU LOST	字幕"好象你输了"
84	211516		LXI H, #1615	
1787	C39117		JMP MESS1	
178E	21B315	YOU LOST:	LXI H, 15B3	字幕："对不起，你输了，下一轮你的运气会好转"
91	CD401F	MESS1	CALL MESS CHECK	
94	C35417		JMP KBD	
17B0	3AA010	FINAL TALLY:	LDA #10A0	计入玩牌者点数小计
B3	FE12		CPI #12	若>11，则"A"作为1,不能作为10
B5	47		MOV B, A	
			DEALER	
B6	D2C517		JNC POINTS	
B9	3AAE10		LDA #10AE	
BC	B7		ORA A	
			DEALER	

续

十六进制编码		记助符		说明
地址	指令	标号	指令	
BD	CAC517		JZ POINTS	
C0	3E10		MVI A, #10	计入10
C2	80		ADD B	
C3	27		DAA	
C4	47		MOV B, A	最终的玩牌者点数保存在B内
C5	3AA710	DEALER POINTS:	LDA #10A7	计入发牌者点数小计
C8	FE12		CPI #12	点数>11?
CA	4F		MOV C, A	
CB	D2D817		JNC NO FIX	
CE	3AAF10		LDA #10AF	有"A"否?
D1	B7		ORA A	
D2	CAD817		JZ NO FIX	
D5	3E10		MVI A, #10	
D7	81		ADD C	
17D8	FE22	NO FIX:	CPI #21 DEALER	发牌者点数<21?
DA	D2E717		JNC OVER	
DD	4F		MOV C, A	若到此处发牌者没破 则将点数保存在C内，检查玩牌者点数>21?
DE	78		MOV A, B	
DF	FE22		CPI#22 PLAYER	
E1	D26517		JNC LOSES	若到此，二者无人超过21
E4	C3F017		JMP COMPARE	
E7	78	DEALER OVER:	MOV A, B	检查是否玩牌者超

续

十六进制编码		记助符		
地址	指令	标号	指令	说明
				过21
E8	FE22		CPI #22	
EA	D2F717		JNC DRAW PLAYER	
ED	C30017		JMP WINS	
F0	BA	CAMPARE:	CMP C PLAYER	玩牌者点数置入A，发牌者点数置入C
F1	DA6517		JC LOSES PLAYER	
F4	C20017		JNZ WINS	
F7	21A914	DRAW:	LXI H, #14A9	字幕："无人取胜，二人平局"
FA	CD401F		CALL MESS CHECK	
FD	C35417		JMP KBD	
1800	2AA310	QUIT:	LHLD #10A3	计入赌金
03	3E05		MVI A, #05	将目前赌金与开始
05	BC		CMP H	赌金（500美元）进行比较
06	212F16		LXI H, #162F	字幕："对不起，
09	D20F18		JNC OUT	你输钱了。"字幕：
0C	212C15		LXI H, #152C	"祝贺你赢了"
0F	CD401F	OUT:	CALL MESS CHECK	
12	C35417		JMP KBD	期待新游戏

图 9-18 "二十一点"程序中的PLAYER-WLNS、PLAYER-LOSES及FINAL-TALLY子程序

在FINAL-TALLY子程序开始时，先分别检查一下玩牌者和发牌者的总点数是否达到最大。如果可能，还可以在总点数上再加10个点，使其达到最大而又不超过21。然后再对玩牌者和发牌者总点数进行比较，转移到表9-4中相应的子程序。注意，在游戏进行到这里时，由于出现得过早，所以玩牌者的点数可能不会超过21，这时应立即转移到PLAYER-LOSES（玩牌者输）子程序上。如果出现平局，则屏幕上会显示出“NOBODY WINS-IT'S A DRAW”（无人取胜，双方平局），再转移到CHECK-KEYBOARD（检查键盘）子程序（地址1754），看玩牌者是否想要进行下一轮游戏，还是要求退出游戏。

如果玩牌者决定退出游戏，则由地址1800开始的程序会将剩余赌金与开始的500美元赌金进行比较，看玩牌者在游戏中是赢钱了，还是输了。屏幕上会显示出字幕：“CONGRATULATIONS ON YOUR WININGS——I HOPE WE'LL SEE YOU HERE AGAIN SOON”（祝贺你赢钱——希望你不久再来）或者“I'M SORRY YOU LOST

表 9-4 二十一点游戏最终结果部分的转移判断

条件	转移到
玩牌者点数≥21 并且发牌者点数>21	玩牌者赢
两者点数均<21，但是	
玩牌者点数>发牌者点数	玩牌者赢
玩牌者点数=发牌者点数	平局
玩牌者点数<发牌者点数	玩牌者输

MONEY——BETTER LUCK NEXT TIME”（对不起！你输钱了，下一次你的运气会好一些）。

如果玩牌者胜了发牌者，则转移到PLAYER-WINS子程序，这时，玩牌者的赌注将乘以1.5倍，所赢的钱再加到玩牌者赌金中去。新赢的赌金和赌金总数均会在屏幕上显示出来。“YOU WON $____，YOUR BANKROLL IS NOW $____。HOW ABOUT ANOTHER GAME？”（这次你赢了______美元，现在你的赌金是______美元，再玩一次吗？）。由于这部分程序略为复杂，所以下面简要介绍一下这部分程序的实现过程。

为使赌金乘以1.5倍，首先将赌金除以2，然后将所得的结果加到原有的赌金上。由于赌金信息是以二进制表示的，所以除以2可以通过将信息右移1位来实现。然而，由于在屏幕上这一数据必须以常规的十进制来表示，所以赌金信息需要以二-十进制形式存放在寄存器R_1和R_2内。实际上，这种除法过程是看一看赌金中有多少个2，也就是说，从赌金中连续减去2，一直减到使原有赌金减为0为止。当然，这种减法必须以10的反码形式进行（见程序步1706到1724）。完成这一减法以后，原来赌金的一半被存入DE寄存器对。然后将这一结果直接与原有赌金相加，即形成了玩牌者在这一轮里所赢的赌金。

相反，如果玩牌者输了，那么这一次的赌金就会从玩牌者赌金中减去，屏幕上会出现“I'M SORRY YOU LOST——YOUR LUCK IS BOUND TO CHANGE——HOW ABOUT ANOTHER GAME？”（很抱歉，你输了——你的运气一定会改变，——再玩一次好吗？）。然后，

又会显示出"HIT A TO PLAY ANOTHER GAME, QTO QUIT, OR B TO START A NEW GAME"（按动A，再玩一次。按动Q退出游戏，或者按动B开始另一种游戏）。

如果由于输钱后玩牌者的赌金减少为0，则游戏自动停止。屏幕上会显示出字幕"IT SEEMS YOU'RE OUT OF MONEY—TODAY WASN'T YOUR DAY, BUT COME BACK SOON"（看来你没钱了，今天你运气不佳，改日再来）。

第 四 篇

第十章 电脑电视游戏机的使用和保养

10.1 电脑电视游戏机的使用方法

10.1.1 典型电脑电视游戏机的一般特征

本书以国际市场上广为流行的盒式磁带电脑电视游戏机为例，向读者介绍其使用和保养方法。图10-1示出了这种电脑电视游戏机的主要结构。它与传统的存储板式电脑电视游戏机相比，在结构上大体相同，均由电源、电脑板、扫描电路、伴音电路、CRT监视器、控制面板、硬币选择器、币盒、装饰灯、扬声器以及外壳等组成。所不同的是游戏节目存储媒体部分。存储板式电脑电视游戏机的游戏节目存放在许多ROM大规模集成电路内。而盒式磁带电脑电视游戏机的游戏节目存放在盒式磁带上。这样，后者在结构上就比前者多了一个走带机构，而少了一些ROM大规模集成电路。每天开机时，仅需要几分钟时间将盒式磁带上的节目调入电脑内存就可以进行游戏了。

盒式磁带电脑电视游戏机的一般特征如下：

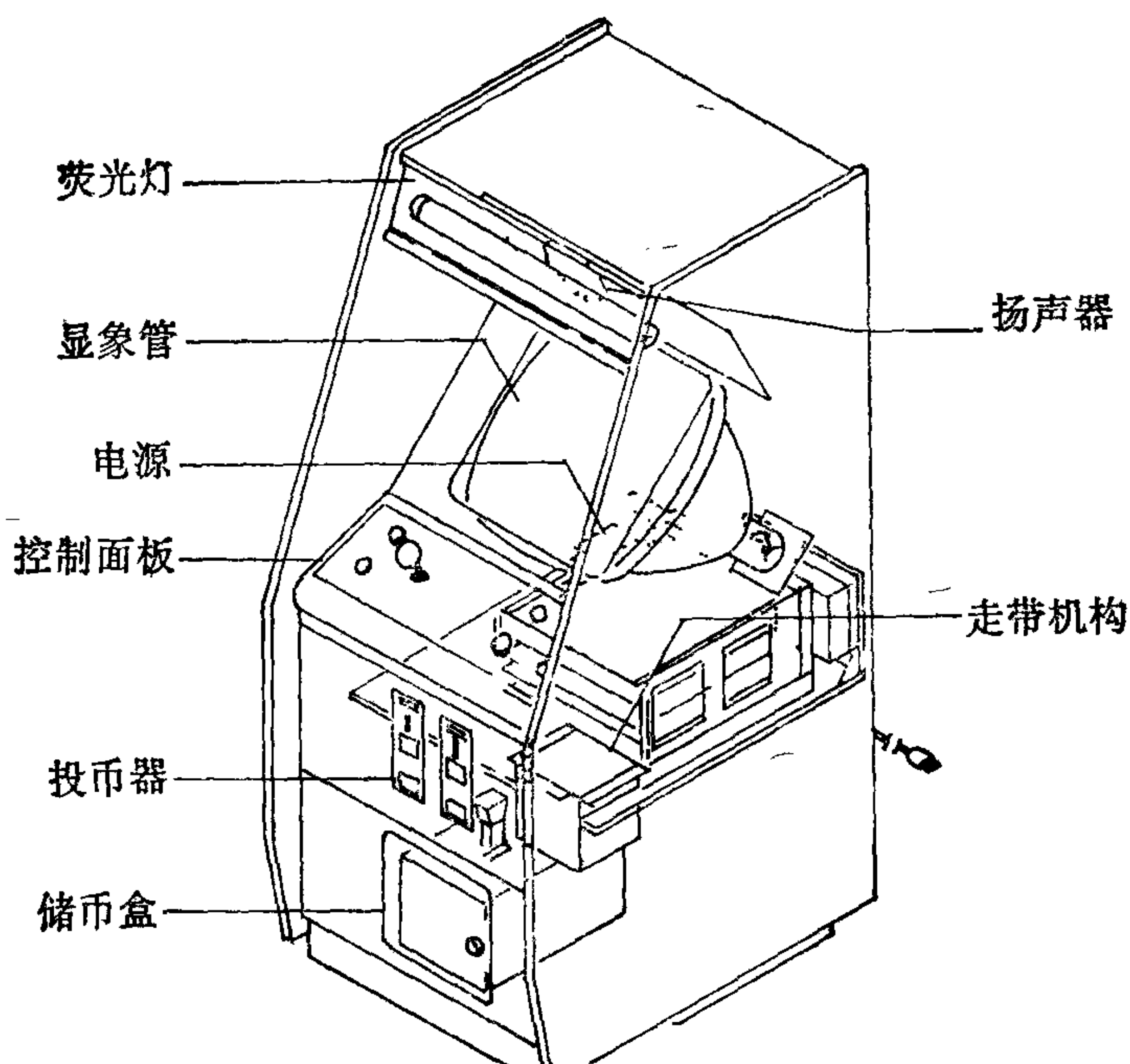


图 10-1　盒式磁带电脑电视游戏机的主要部件

电源：交流115V、220V、240V，±10%

功耗：约为150W

外形尺寸：600（宽）×740（深）×1830（高）mm

重量：82kg

硬币尺寸：可变

储币盒容量：3000枚

CRT：20英寸或22英寸彩色显象管

10.1.2 游戏节目的更换

在电子游戏场内，电视游戏节目是有一定商业寿命的。一些游戏场的常客一段时间以后便熟悉了现有的游戏节目，这就降低了游戏者的兴趣。为此，需要游戏场不断地更换能吸引顾客的新式游戏节目。盒式磁带电脑电视游戏机的突出优点是游戏节目更换容易，而且成本也比较低，这就为游戏场的经营提供了方便。这种游戏机在更换节目时主要需要更换游戏节目磁带和接口部件以及相应的操作面板即可。对于那些使用同一类操作面板的游戏节目，更换节目时还可不必更换操作面板。这种游戏机的节目更换费用仅为存储板式游戏机的1/10～1/5。因此，这种游戏机在国际市场上将具有很强的竞争力。

游戏节目磁带的更换与录音机更换磁带一样，非常简单。用户可以多准备一些游戏节目磁带，玩一段时间以后即可更换新的游戏节目。

操作面板的更换也比较方便。生产厂家一般向用户提供了 3 种操作面板，随游戏机配带的是标准型面板，另外还有两种类型可供用户进行选择，如图10-2所示。这 3 种面板基本上可以控制所有的电脑电视游戏节目。

游戏场使用的商用电脑电视游戏机更换游戏节目的具体步骤如下：

（1）固定游戏机的底脚，调节底脚高度，使游戏机安放平稳。

（2）更换游戏机顶端的游戏名称标牌及游戏节目解释

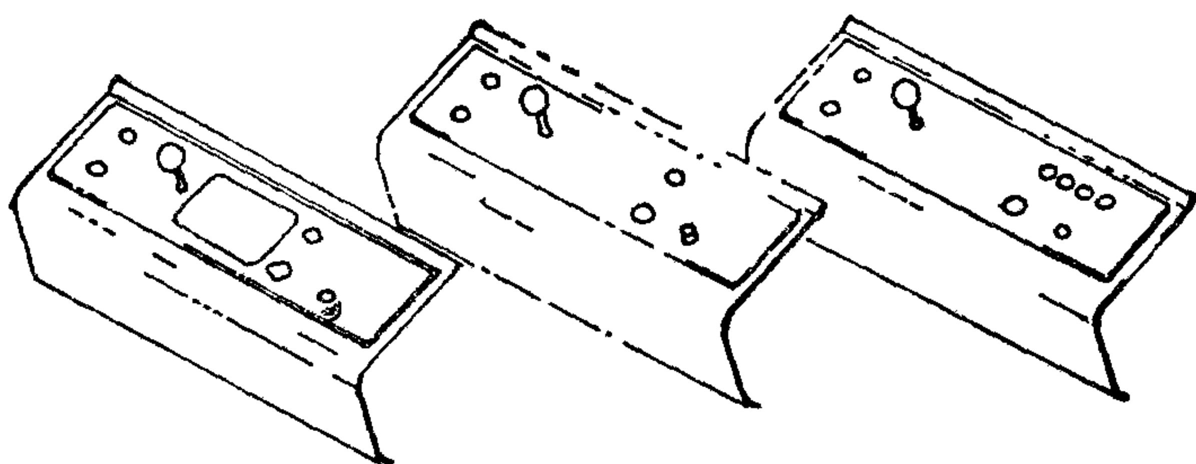


图 10-2 操作面板的选用

面板，如图10-3所示。

（3）将新游戏节目的磁带接口部件插入印刷电路板托架上的插槽内，如图10-4所示。

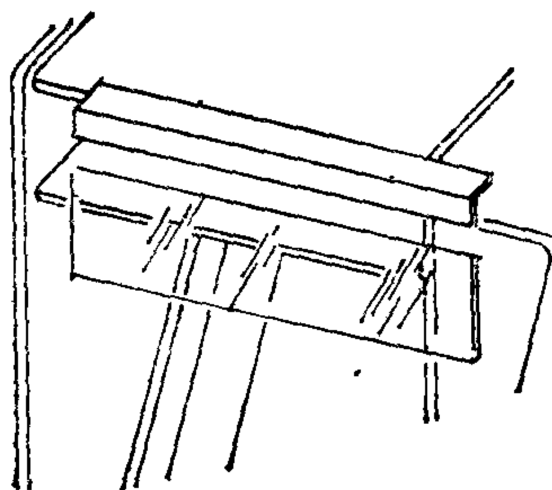


图 10-3 游戏节目标牌的更换

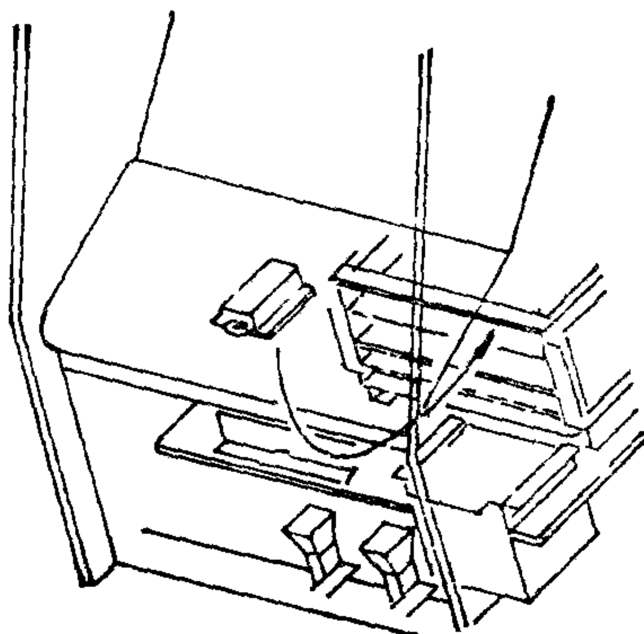


图 10-4 游戏节目接口部件的更换

（4）切断电源，打开走带机构的磁带盒，装入新的游戏节目磁带，使A面朝上。如图10-5所示。

（5）确保各接插件与印刷电路板上插座之间接触良好。

（6）接通电源，走带机构开始运行，游戏节目程序即向机器内输入。几分钟以后即可完成节目程序的输入工作。

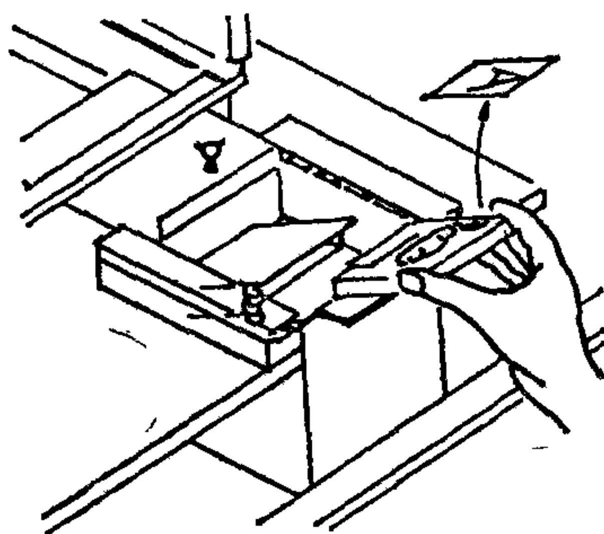


图 10-5 游戏节目盒式磁带的更换

（7）按动“维修开关”，演示新游戏节目的游戏内容和步骤，检查新节目是否已经输入。有关“维修开关”的具体操作还要在后面详述。

（8）向投币器投入所要求的硬币，检查起动机构是否运行正常。

（9）若显示器画面的色彩不均匀，则可调节去磁开关，即可获得清晰的画面。

（10）将操作台和机柜后盖板上锁，以辟免他人接触。这样，新的游戏节目即可以使用了。

10.2 电脑电视游戏机的保养

商用电脑电视游戏机每天的开机时间比较长，一般与游戏场的开业时间大体相同，每天大约为8小时左右。长时间的工作很容易使游戏机产生故障。另外，由于电脑电视游戏节目具有“挑战性”，容易激怒那些性格急躁，技术水平又

低的游戏者。他们在游戏过程中时而猛拉控制手柄，时而剧烈地拍打控制台，这就增加了游戏机的机械振动。这是游戏机潜在故障的重要原因。因此，游戏场的工作人员必须掌握游戏机的日常保养和简单的故障维修方法，以提高机器的使用率。对于那些较为复杂的故障，可由专业人员进行维修，本书将在第十二章专门介绍。这一章主要向读者介绍电脑电视游戏机的保养知识以及比较简单的常见故障的维修方法。

10.2.1 常见简单故障的检修

什么是简单故障，什么是复杂故障，这很难准确地划出界限。但作者认为，不妨以印刷电路板为界。印刷电路板以外的故障容易被检查发现，也容易解决，故可称其为简单故障。印刷电路板以内各电路的故障，一般来说检修都较为复杂。为了便于维修，图10-6示出了常见简单故障的检修部位。如图所示，印刷电路板托架位于游戏机的中下部。电源开关、电源保险丝、散热排风扇等位于电路板托架的后部。“维修开关”位于电路板的前端。去磁开关、音量控制开关位于电路板托架的前部。磁带的走带机构位于托架前端的下部。

10.2.2 图象的调节

生产厂家在游戏机出厂时已将显象管调整好，一般无需再进行调节。但在出现

（1）图象过大或过小；

（2）图象闪烁；

（3）图象不同步；

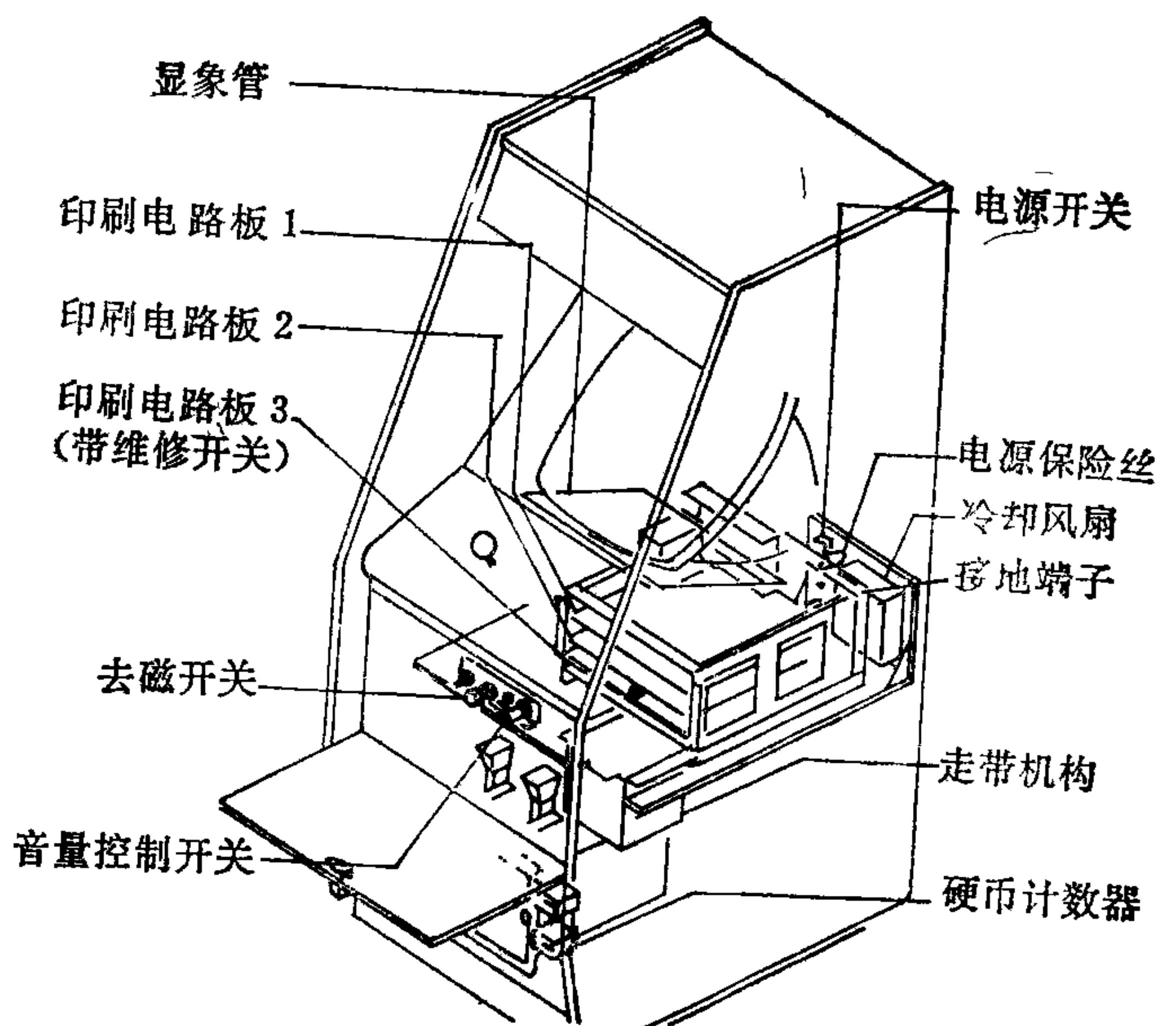


图 10-6 常见故障的检修部位

（4）图象太暗时，则必须重新调节，其需要调节的部位如图10-7所示。

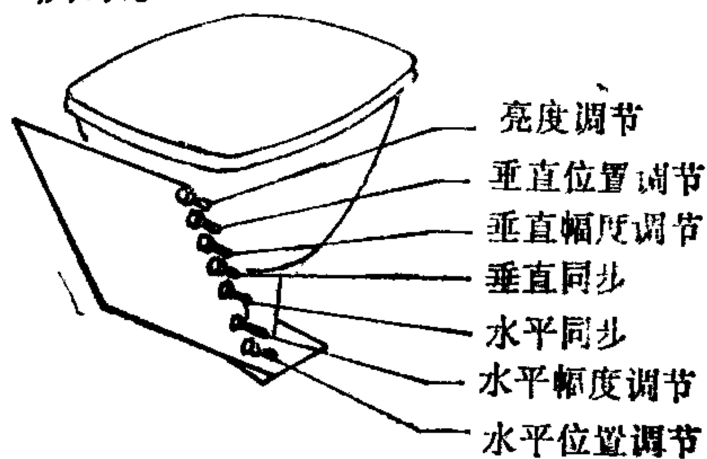


图 10-7 图象不良的调节部位

如果通过上述调节仍然解决不了问题，那么就需要检查显示电路中的元件了，更换已损坏的元件即可解决上述问题。另外，有关色彩的和谐问题比较复杂，需要由专业修理人员来进行检修。

10.2.3 维修开关

维修开关的作用是帮助检修者判定具体故障是出现在电路板的外部，还是在电路板的内部。维修开关的部位如图10-8所示。

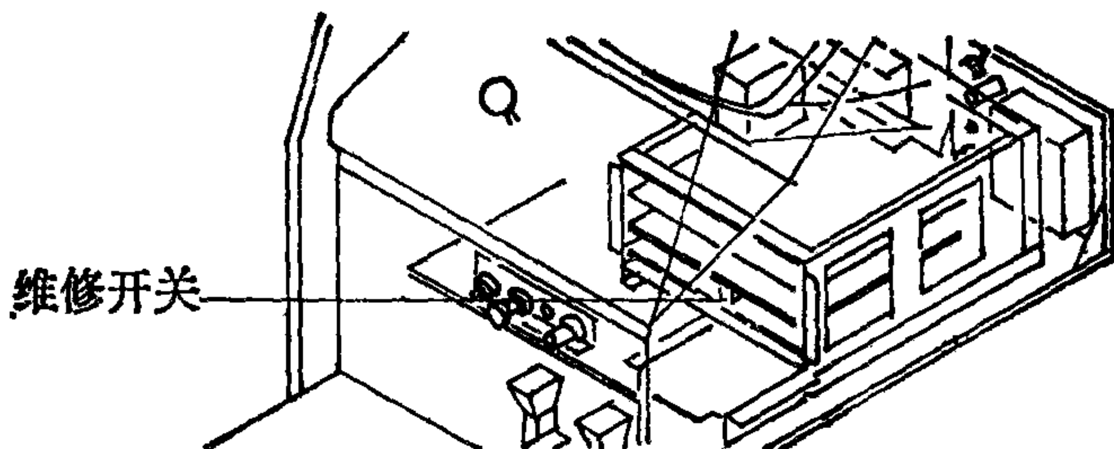


图 10-8 维修开关

在检修故障时，先按下维修开关，然后再进行具体的检修。其步骤如下：

（1）若按动控制面板上"游戏者1"按钮时游戏节目并没有启动，则应切断电源，检查维修开关和单个游戏开关。若二者均正常，则故障肯定在印刷电路板上。

（2）伴音的检查

先使用机器内部的音量调节开关（如图10-6所示）调节音量。在正常情况下，顺时针方向调节，音量应该增大。若没有伴音，则应切断电源，检查音量控制部分。若音量控制部位正常，则故障位于印刷电路板上。

（3）控制面板上的按钮不起作用

切断电源，检查微动开关。若微动开关工作正常，则故障在印刷电路板上。

（4）操纵杆不起作用

切断电源，检查操纵杆机构的微动开关，若操纵杆机构正常，则故障在印刷电路板上。

10.2.4 投币器

（1）硬币不能投入

首先检查储币盒是否装满，再检查是否有硬币卡住。若有硬币卡住，则应推动硬币释放手柄，将硬币释放出来。然后用酒精清洗硬币滑槽。若仍然不能排除故障，则应更换投币器。

（2）硬币不能寄存

更换维修开关，若仍不能解决问题，则应由专业人员修理。若游戏可以正常进行，则应切断电源并检查微动开关。若微动开关无故障，则故障在印刷电路板上。

（3）投币后不计数

检查硬币计数器，看其引线是否脱落。

10.2.5 显象管安装方式的变换

电脑电视游戏机多使用大屏幕彩色显象管。显象管的安装方式一般有两种，即水平放置的横式和垂直放置的竖式。若用户要改变显象管的安放方式，则应按下列步骤进行，如图10-9所示。

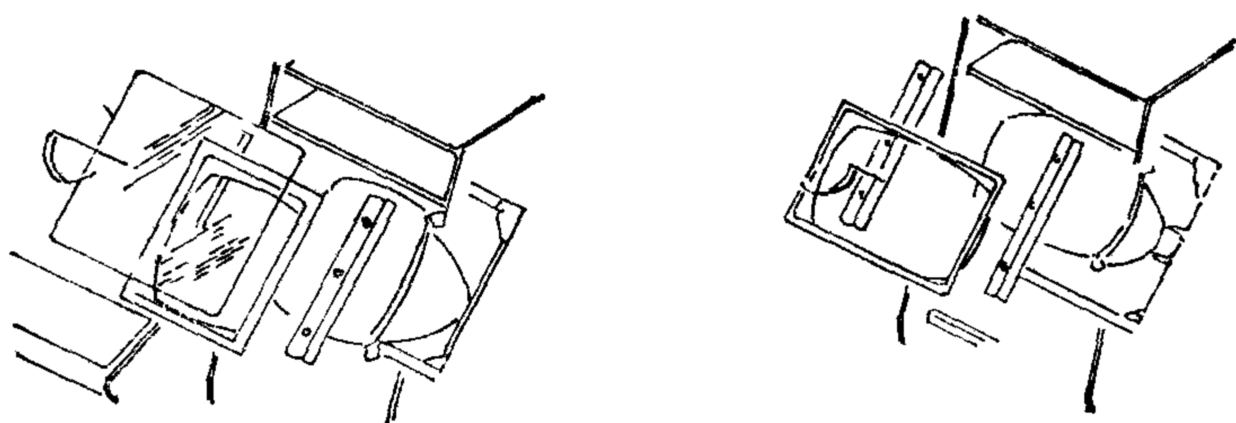


图 10-9 显象管安装方式的变换

（1）切断电源。

（2）如图10-9所示，卸下显象管滤色片、饰条、边框等部件。变换位置后，在新的位置上拧紧显象管螺钉。

（3）显象管的饰框应适当对准。

10.2.6 手柄导板的更换

电脑电视游戏机操纵手柄的导板一般有4种类型，即双向、四向、八向或全方向。具体使用哪一种导板要视游戏节目的要求而定。一般的游戏节目多使用四向或八向手柄导板。也就是说，使用四向导板，游戏者可以使控制对象作

上、下、左、右四个方向的运动。而使用八向手柄导板，除了使游戏者对控制对象的上、下、左、右四个方向的运动进行控制以外，还可以增加左上、左下、右上、右下四个方向的控制。双向手柄导板只能使游戏者控制左右两个方向。全方向手柄导板（即自由式）的内孔是圆形，可以实现任何方向的控制。

双向和全向手柄导板虽不常使用，但已作为配件随机器出售。手柄导板的更换如图10-10所示。

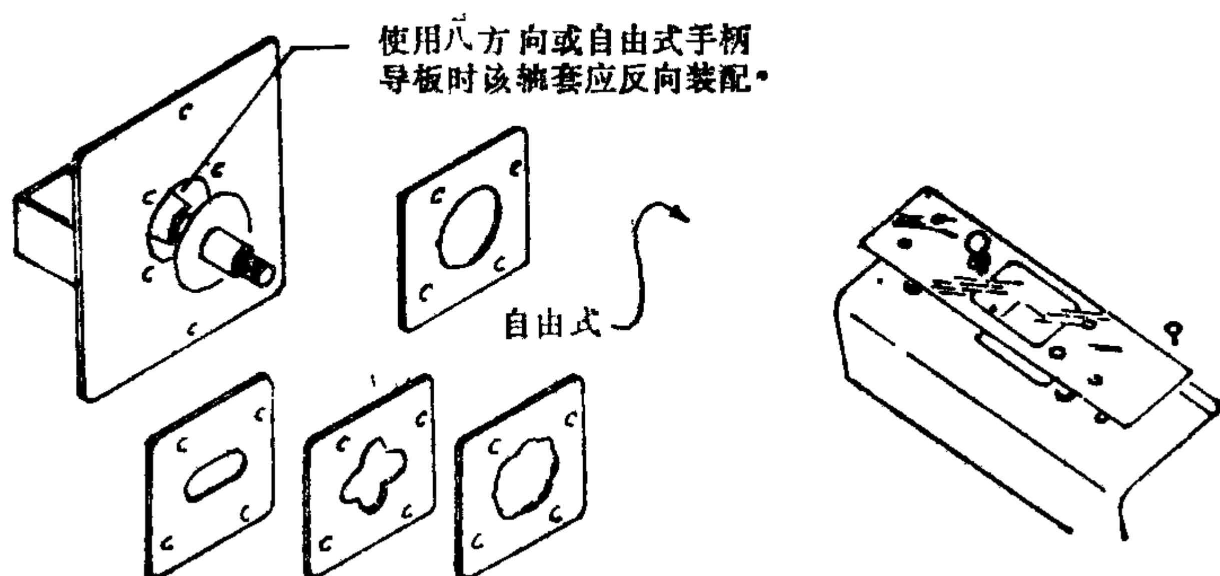


图 10-10 手柄导板的更换

10.2.7 电脑电视游戏机使用注意事项

（1）在安装或更换盒式磁带时，必须事先切断电源。

（2）每次接通电源时，走带机构起动，开始游戏节目的输入，需等待几分钟，直到节目输入完成时才能开始游戏。

（3）在更换游戏节目的磁带时，还需要更换游戏的解释面板和盒式磁带的接口部件。对于有些节目，还要更换控制面板。

（4）不得将印刷电路板直接曝露在阳光下，阳光直射会破坏游戏节目的程序。

（5）运送或储存大规模集成电路时，应事先将它们用铝箔或碳素泡沫包封，并置入保护袋和保护盒内。

（6）由于节目具有专利权，出于技术保密原因，游戏节目带盒和专用接口配套出售，而不单独供应。而且专用接口是固化封死的。

（7）应避免将游戏机安放在潮湿和灰尘处。在打扫游戏场时，应关闭游戏机，并将游戏机上的灰尘打扫干净，否则游戏机的冷却风扇会将灰尘吸入到机器内部。在使用一段时间以后，最好使用吸尘器吸除游戏机内和冷却风扇入口处的灰尘。

（8）无论是柜式游戏机，还是桌式游戏机，在打开盖板或前后门之前，一定要切断电源。一般来说，在带电的情况下，不能用仪表检测印刷电路板。

（9）只允许专门技术人员检测印刷电路板。因为电压不当会损坏印刷电路板上的集成电路。

第十一章　世界典型的电子游戏机

前面我们已经介绍了电子游戏机的基本原理、游戏机的性能及具体特征。这一章将介绍目前国际市场上较为流行的几种电子游戏机。所有的电子游戏机大致可分为四大类，即袖珍电子游戏器、手提板式游戏机、家用电视游戏机以及商用投币电脑电视游戏机。下面介绍这些典型游戏机的演变品种，并对其技术问题进行简要的介绍。

11.1　军事防区游戏机

军事防区游戏机（CODE NAME：SECTOR）是由美国巴克兄弟公司生产的。

这种游戏机包括一块带有许多网眼地图的电路板、一个控制面板和一个显示面板。它最多可供4个人玩，游戏的目标是搜索隐藏的潜水艇。每个游戏者可以用不同的颜色在网眼上画出一个驱逐舰的路线。游戏机还提供有粉笔、直尺及一块擦粉笔灰的布。水面船只和隐藏的潜艇方位存放在存储器内。

被控的船只、行驶速度以及与隐藏的潜艇之间的距离可由一个6位发光二极管显示器进行显示。此外，4只微型发光二极管可以显示出被控船只的8个主要方位（东、西、南、北以及东北、西北、东南、西南）。这种游戏机还具有许多逼真的特征，诸如潜艇在每次追击船只时具有可改变方

位的能力等。当一艘潜艇下沉时，其它潜艇会浮出水面。游戏持续时间可以从半小时到数小时。这种游戏机主要供12岁左右的少年使用。但是，由于它具有很大的智力竞赛潜力，所以很多成人也爱不释手。

技术特点：

这种电子游戏机装有一块单块集成电路，即美国德克萨斯仪器公司生产的TMS-1000微处理器。这块集成电路包括1个能存放64个4位字的随机存取存储器和1个能存放1000个8位字的只读存储器。所有的发光二极管驱动器也都包含在这块集成电路内。键盘由11个按钮组成。此外，用元珠笔按动一个微型凹槽按钮还可以再增加两种控制：一种可为控制舰艇逃脱战术的常规程序增加复杂性；另一种可显示潜艇的方位和航向。

具体玩法：

按动“训练”方式按钮，游戏者可以启动专门的训练程序。程序规定了整个猎潜方案。游戏机的说明书对每个动作进行了详细的说明。每个发光二极管显示器是严密地按说明书的要求进行设计的。在训练程序中还具体规定了所有可能的路线、地形及修正量。

这种游戏机也可供1个人单独玩，游戏者可作为4艘船只的指挥司令与游戏机电脑对垒。4个人玩时，可以相互对垒，看谁能击中对方的潜水艇。

11.2 国际象棋游戏机

这是一种由美国忠诚电子公司制造的智力游戏机。由于

这种游戏机可供单人在正规的棋盘上与电脑对弈，所以它实际上代表了一种典型的板式游戏机。每一步棋的数据是由1个12按钮键盘送入的，并在4只发光二极管显示器上进行显示。两只附加的发光二极管可以指示“将死”或“我输了”的字样。

棋盘上的每个方块标有1个数字和1个字母。这样，要指示1个棋子仅需要8个键。其余4个键用来将棋步走法送入电脑。在按动“输入键”之前应清除不需要的棋步，然后再输入具体走法，例如走双步、斜步等。最后使游戏机复位。

在开始下棋时，白子和黑子的位置会自动地存储在电脑的存储器内。每次可以走一步。电脑会将刚走过的那步棋的位置存储起来。在走下一步时，只需要将要走的那个棋子的现在位置和要到达的位置送入电脑即可。比赛规则事先存入了电脑的存储器。一旦所走的棋步违反了规则，电脑就会立即进行指示。对于游戏者送入的每一步棋，电脑还会指示出最佳的对抗棋步。

技术特点：

这种游戏机的所有电路均做在一块印刷电路板上。其电路包括14块集成电路和28只晶体管。这种游戏机的核心是日本电气公司生产的8080微处理器。其基本型号含有2k字节的只读存储器，最新型号含有4k字节的只读存储器。下棋规则均被存放在只读存储器内。新型号具有3种难易程度不同的游戏级别。新老型号均有1只512字节的随机存取存储器，其中随时可以存放棋子的位置和走法。

具体玩法：

由于这种游戏机具有3种不同的难易级别，所以当游戏机开机时，显示窗口上会显示出“CL1”（级别1）的标志。CL1表示初等级别。按动一次清除按钮，可以增加到第二种级别，即CL2。再按动一次该按钮，可以增加到第三种级别，即CL3。

一般来说，在比赛过程中电脑使用暗棋子，游戏者使用明棋子。当然，游戏者也可以选择暗棋子，电脑也可以犯规。这种明暗棋子的可选特性无论对于学习下棋还是向别人提供着数都是非常有用的。

11.3 导弹大战、自动赛车和足球游戏机

美国马铁尔公司生产的这3种游戏机均属于板式游戏机。这类游戏机不需要电视监视器，它们均使用了相同类型的显示器和控制电路。

进行导弹大战游戏时，游戏者可以控制从显示器底部发射的导弹来截击来自显示器顶部的敌方导弹。敌方导弹和反导弹导弹均有3种不同的飞行路线。反导弹导弹的飞行路线是由游戏者控制的，而敌方导弹的飞行路线是由内部逻辑电路控制的。一旦电脑投下导弹，游戏者可以按动“射击”按钮发射反导弹导弹。显示器由3×9矩阵的发光二极管组成。发光二极管一个接一个地发光即模拟导弹的飞行。游戏者控制的反导弹导弹由比敌方导弹更亮的光点进行指示。游戏的比分是由1个二数位的发光二极管显示的。当一枚敌为导弹

击中目标时，前面的排孔内会闪射出光线。

自动赛车游戏机使用了同类型的3×9发光二极管矩阵显示器。在赛车游戏中，游戏者控制着由发光二极管指示的驾驶车辆，避免与对面来的汽车相撞。在汽车加速行驶时，游戏者可以听到发动机的蜂鸣声。与大多数赛车游戏一样，如果发生汽车碰撞而浪费了时间，就要罚分，甚至可以使汽车重新罚回到起点。汽车每次到达显示器顶部时就算跑完了一圈。游戏经历的时间是由1个二数位的发光二极管显示的。

在足球游戏机中，发光二极管的矩阵显示器是水平排列的，并且被置于象征性的足球场地中间。游戏者控制着攻方球员的运动，而游戏机控制着守方球员的运动。两个队的比分和球赛经历时间可由数字式发光二极管显示。攻方球员的运动是通过3个按钮进行控制的，一个按钮控制着向前、后运动，一个按钮控制着作上、下运动，另外还有一个"踢球"按钮用来进行射门。和实际比赛一样，一旦破门得分，游戏机还会发出裁判员的哨子声。

技术特点：

这三种游戏机均使用了同一种显示电路。显然，其制造工艺与七段发光二极管数码显示器相类似。3×9矩阵发光二极管及其连线均被安装在一块底板上，并覆盖着一层塑料薄膜。除了1只小的滤波电容器和1只1/4W电阻以外，剩下的零件只是1块定做的集成电路。这块集成电路含有所有的控制逻辑、数字发光二极管显示器和发光二极管驱动器以及1个驱动小型薄膜扬声器的音频电路。

11.4 500型大赛车游戏机

这是一种可以进行赛车、网球和曲棍球游戏的彩色电视游戏机，是由美国通用研究实验室制作的。这种标准的电视游戏机可以按常规的比赛方式进行曲棍球和网球比赛游戏。它设有电位器控制器，可以使4个游戏者沿垂直方向控制球棍和球拍。在赛车游戏方式中，这4个控制器同样可以供1～2个游戏者使用。游戏者控制着汽车作水平方向运动以避免与从屏幕顶部向底部运动的其它汽车相碰撞。得分的多少取决于与其它汽车相撞的次数。在比赛中，汽车的行驶速度逐渐增加，但在发生碰撞以后，车速会降为0。

技术特点：

500型大赛车游戏机使用了4块集成电路，其中1块是专用大规模CMOS电路，它不是标准的微处理器，但它含有一些存储器。其它3块是标准的运算放大器。为实现彩色显示，还使用了1块3.58MHz的晶体。各种专用电路使用了一些晶体管。对于网球、曲棍球游戏，可用小型音频电路产生球拍碰球、回响以及计分时的声音。而对于赛车游戏则可以产生发动机声和撞车声。扬声器安装在游戏者控制台上。射频振荡器和输出电路使用了两只晶体管。这两只晶体管位于屏蔽罩内。天线开关并不能控制游戏机的电源。这种游戏机使用了9V电池或一个单独的交变稳压电源。

这种游戏机还可以作“机器人”。实际上这是一种练习方式，使游戏机与1或2个游戏者相对垒，进行曲棍球和网球比赛。在后一种方式中，机器人实际上进行着双打比赛。

机器人的熟练程度可以通过电位器进行调节。另一个特点是使用分段球拍，这样可以在网球游戏中使球作旋转运动。

11.5 奥德赛(ODYSSER)2000、4000和5000型游戏机

这 3 种游戏机是奥德赛公司的系列产品。它具有基本的网球和曲棍球投币游戏机特征，同时也具有自己的独有特征。这种游戏机的基本型号是2000型。4000型可以提供全彩色的 8 种游戏，并带有两个分离的手握式操纵杆控制器。4000型除了可以进行网球、曲棍球和弹子球游戏以外，还可以进行橄榄球、篮球、台球训练及英式足球训练。在橄榄球游戏中，游戏者必需使球通过一系列挡板，在训练方式中，一个游戏者可以与游戏机相对垒。每种游戏机都有单独的伴音。游戏者可以随机地控制球的运动。这种游戏机具有发球按钮、 3 种级别的障碍物选择、速度大小的调节以及屏幕上常规的数字计分等特点。奥德赛4000型的控制台上的两个操纵杆控制器是活动式的。滑动开关可以指示所进行游戏的种类。

技术特点：

这是一种微电脑控制的游戏机。它含有若干专门设计的集成电路，具有产生场地、视频逻辑、产生数字得分等功能。由于这是一种模拟式游戏机，所以需要一些电位器来调节具体的定时电路。装上射频振荡器以后，它可以在 3 频道或 4 频道上产生视频信号。天线开关并不能对游戏机的电源

起控制作用。这就需要一个单独的电源开关来控制游戏机电源的通断。这3种型号的游戏机均可以使用电池或交流稳压电源供电。

11.6 “演播室”Ⅱ型游戏机

这是美国无线电公司生产的电脑电视游戏机。它带有插盒式存储器，可以进行几乎无限多的电视游戏。这种游戏机本身带有5种游戏，即战车、构图、滚木球、赛车以及加法运算器等已固化到控制器内。

除了这些驻留游戏以外，还提供了3种系列的插盒式存储器，每一种都含有不同的电视游戏节目。电视“拱廊”系列所提供的游戏一般是体育技巧类游戏，诸如网球、台球和空间大战等；电视“校舍”系列提供了智力游戏，诸如采用电视测验形式学习数学和社会知识以及其它科学知识等。第三类插盒存储器系列被称之为“电视娱乐场”，可以提供幸运比赛类的游戏。

这种游戏机由一个控制台操纵。该控制台上装有键盘A和键盘B，每个键盘上有10个按键。每个按键都标有数字，各具有不同的功能。按照游戏插盒目录，输入所选游戏编码，即可进行这种游戏。在战车、构图或其它游戏中，除了中央的键（5）以外，所有的其它键均可以控制8个方向中某一方向的运动。运动方向如各按键旁的小箭头所示。此外，专用键盘上的专用键可用来选择节目并控制游戏的难易程度、障碍物的设置以及许多其它功能。在有些游戏机中，键子被按的时间可以决定距离的长短和速度的大小。这两个数

字键盘可以直接与微处理器相连接。

技术特点：

美国无线电公司的CDF 1802微处理器可以为所有游戏机和教育节目提供中央电脑控制。这是一种CMOS 8位面向寄存器的微处理器。它使用5V直流电源，时钟频率为1.76 MHz。存储器系由2048k字节的只读存储器和512字节的随机存取存储器组成，分布在8块分离的集成电路芯片上。随机存取存储器存放有视频更新信息、堆栈及可变数据。只读存储器存有5种驻留游戏节目所用的1024k字节的程序和用于与盒式存储器相接口用的1024k字节解释语言。所有插盒式存储器所含的各种游戏是以相容的格式存放的。

音调可变的嘟嘟声是由微处理器控制的定时振荡器产生的。如不需要，可以关掉。这种电视游戏机既可以进行游戏，又可以观看电视节目。当天线开关扳到电视天线一端时，游戏机电源即自动关掉。

“演播室”Ⅱ游戏机的几乎无限的程序编制能力是其最突出的特征。它可以更换各种电子游戏节目插盒。有些游戏可以为教学服务，而不再是单纯的游戏。独特的双键盘设计思想也是它的独有特征。由于键盘处于微处理器的控制之下，所以它可以用于各种不同方式的比赛。这就增加了游戏机的多用性。

11.7 “通道F”游戏机

“通道F”游戏机是由美国仙童摄象机和仪器公司生产的，是一种用盒式存储器控制的电脑电视游戏机。其性能独

特，采用了手握式操纵杆控制器。

这种游戏机可以进行曲棍球和网球两种游戏。它设有5个按钮、1个盒式存储器弹出杆、1个盒式存储器插座及1块控制器的存放空间。控制台上装有小型扬声器。还提供了一系列插盒式存储器。这些存储器含有多种游戏节目，诸如画井、战车、二十一点、空间大战等。还有些插盒可以提供数学游戏等智力游戏节目。

仙童公司独特的控制盘是手握式的，而其它公司的产品均是手控旋钮式的，偶尔也有操纵杆式的。三角形控制旋钮带有1个指向屏幕的凹进去的箭头。每个旋钮可以提供8路控制，即前和后、左和右、左转和右转以及下推和上拉等。左推会产生向屏幕左方的运动，上拉会产生向上的运动，而下推会产生向下的运动。推拉动作可以在坦克大战游戏中控制大炮的开炮，而在“二十一点”游戏中可以选择一张牌。

在控制台上，5个按钮中的1个可以使控制电路复位。其余的4个按钮可以提供多种功能，具体取决于插入的盒式存储器。一种功能是从盒式存储器上的几种游戏中选择出一种游戏，也可以对游戏设定2、5、10或20分钟的时间限制，或者选择某些特殊的游戏方式。一般来说，这些按钮可为一种具体的游戏规定游戏方式和规则，而手握控制器多用于控制游戏目标的动作。“通道F”游戏机的所有游戏均为彩色显示。

技术特点：

这种游戏机是以仙童F 8位微处理器为基础设计的。它采用了3850型中央处理单元进行控制，并使用了3851作为程序存储器。来自控制台开关和右路控制器的控制输入直接

送到中央处理单元，而左路控制器则与程序存储器相连。3850集成电路还可以对音频发生器提供控制。3851用来存放网球和曲棍球两种游戏的所有程序和数据。插盒式存储器总线直接与上述3块集成电路相连。

这种游戏机采用了1个3.58MHz的晶体振荡器来提供彩色副载波，并可以作为水平和垂直同步发生器的时钟。4块4096随机存取存储器集成电路存放所有的视频数据。常规逻辑电路用来将视频、同步信号与彩色副载波进行组合。1个单晶体管射频振荡器和1个二极管调制器可以为3频道提供调制的射频输出。这种游戏机的电源由两个分离的+5V和+12V电源组成。1个附加的−5V电源用于对随机存取存储器供电。

每个仙童插盒式存储器均有1个能覆盖接触器的弹簧门。当存储器插入到系统插座内时，根本看不到触点。更换存储器时必须按动专用的弹盒按钮。这种方法既保护了存储器本身的触点，同时也保护了系统控制台中接触器的触点。

另一种独特的性能是，手握式旋钮既可以将正在进行中的游戏动作固定，又可以在固定动作以后改变后续游戏的时间、速度，或者同时改变两者而不改变记分。第三种特性是，微处理器在安排每种游戏时可以产生某些带有问号的符号。在按动复位按钮时，会显示出“G？”在利用中央控制台上4个按钮中的1个选择游戏时，会显示出“S？”，即是询问要选择哪种游戏。按照所选定的游戏，微处理器要向游戏者询问预选时间时又会显示出“T？”。要询问选定哪一种游戏方式时会显示出“M？”。微处理器可同样以字母数字的形式显示出比赛结果和具体比分。

11.8 视频电脑系统

美国雅达利公司生产的视频电脑系统是一种以盒式存储器为基础的电脑电视游戏机。对于不同类型，配套的手动控制器也有所不同。与其它类盒式存储器游戏相比，这种游戏机没有驻留游戏，游戏节目是由盒式存储器提供的。控制台上装有一个电源开关、一个游戏复位开关和一个游戏节目选择开关。此外，还有1个电视类型开关可以选择彩色或者黑白显示。1个单独的开关可以为左、右游戏者选择游戏的难易级别。赛车游戏的控制使用了1个耦合到“转向”旋钮的数字编码器。附加的“调速”开关可以对汽车加速。对于网球游戏，提供有球拍位置控制器。还有1个按钮可以使被球拍击中的球发生旋转。在坦克大战游戏中，设有两个操纵杆式控制器来控制坦克的动作，共可控制8个方向的运动。还有1个单独的发射按钮可以使大炮开炮或发射导弹。在控制台后面有两个单独的插座，可容纳两个控制连接器。在雅达利视频电脑系统中，游戏的伴音是通过电视频道发送的，通过电视机的扬声器进行传声。

技术特点：

这种游戏机所用的微处理器和有关的集成电路均是美国洛克威尔公司采用MOS工艺制造的6500系列部件。不同的型号采用不同的控制器。其盒式存储器的可换性可以提供很多游戏节目。目前，世界上几乎2/3的电视游戏节目已被雅达利公司垄断。

11.9 “通讯卫星”游戏机

美国克来克公司生产的这种电脑游戏机的独特之处在于，3种不同的基本游戏使用了1个3面控制操作台。1个适配的三角形盒式存储器位于控制操作台的顶端。它可以控制赛车游戏、网球及快速抽枪射靶等游戏。另外，1盒磁带可用于曲棍球、手球、打靶等游戏，供1～4个人游戏，也可以用于各种弹球或其它射靶游戏。

在赛车游戏中，游戏者可以通过1个形象逼真的方向盘将游戏者的汽车从迅速行驶的汽车队伍中分离出来，还可以通过1个两档变速器来控制车速。当发生1次碰撞时，汽车会向回行驶3～6秒钟，以示惩罚。碰车之后重新起动时，其车速必须放在第一档。里程记录和比赛的剩余时间会以数字的形式显示在电视屏幕上。

在网球游戏中，控制面板带有游戏选择旋钮，并设有两级的难易级别控制。除左、右球拍控制以外，还有1个按钮，当它被按动时可以使球旋转。

快速抽枪射靶游戏包括1个带枪套的手枪、常规的光电传感器及其它光学部件。每次射击时必须按动枪靶启动器并尽快地将手枪从枪套中抽出。电视屏幕上的数字记录指示开枪的次数和中靶数。在每次射击之后，必须把手枪装入枪套，使枪靶启动器重新抬起。

克来克公司还生产了另外两种非盒式存储器控制的游戏机。“通讯卫星别动队”是可以进行网球、曲棍球、手球、回力球以及射靶等游戏的游戏机。而“坦克大战”是一种逼

真的坦克部队调动并能开炮射击的大战游戏机。

11.10 画井游戏机

美国赛格公司生产的这种投币式游戏机分桌式和柜式两种。它同时兼有测验游戏和画井游戏两种功能。单人游戏可以与游戏机相对垒，也可以供两个人相互对垒。在进行测验游戏时，屏幕上出现的问题是随机选择的。游戏时间一般限制在30秒钟或者双方商定的时间。在画井游戏中，游戏者可以通过相应的按钮用一般的画井格式将一个“0”或“×”送入游戏机。一个游戏者的键盘上含有9个“×”开关，另一个游戏者键盘上具有相应的9个“0”开关。这样，屏幕上的画井图案可以不断地更新。谁能在一行中先打上3个“×”或“0”，或者在一个画面上打上5个“×”或“0”，谁就为胜。对于在规定步数内完成游戏的游戏者还可以奖励游戏时间。在桌式游戏机中，整个外罩是用玻璃密封的。在柜式游戏机中面板是倾斜的，而显象管是垂直的。

技术特点：

这种游戏机是采用了美国国家半导体公司SC/MP微处理器进行控制的，其框图如图11-1所示。计算机包括微处理器和所有的随机存取存储器、只读存储器、输入/输出部件及其它集成电路。该计算机的电路板上共使用了48块集成电路、6只晶体管和一些二极管。两个键盘中的每一个均含有8块集成电路、1只晶体管和2只二极管。该游戏机的一个显著特征是使用了磁带机构。这是一种12V直流自动立体声双向驱动的微型走带机构。所有的2500个测验题以数字形式

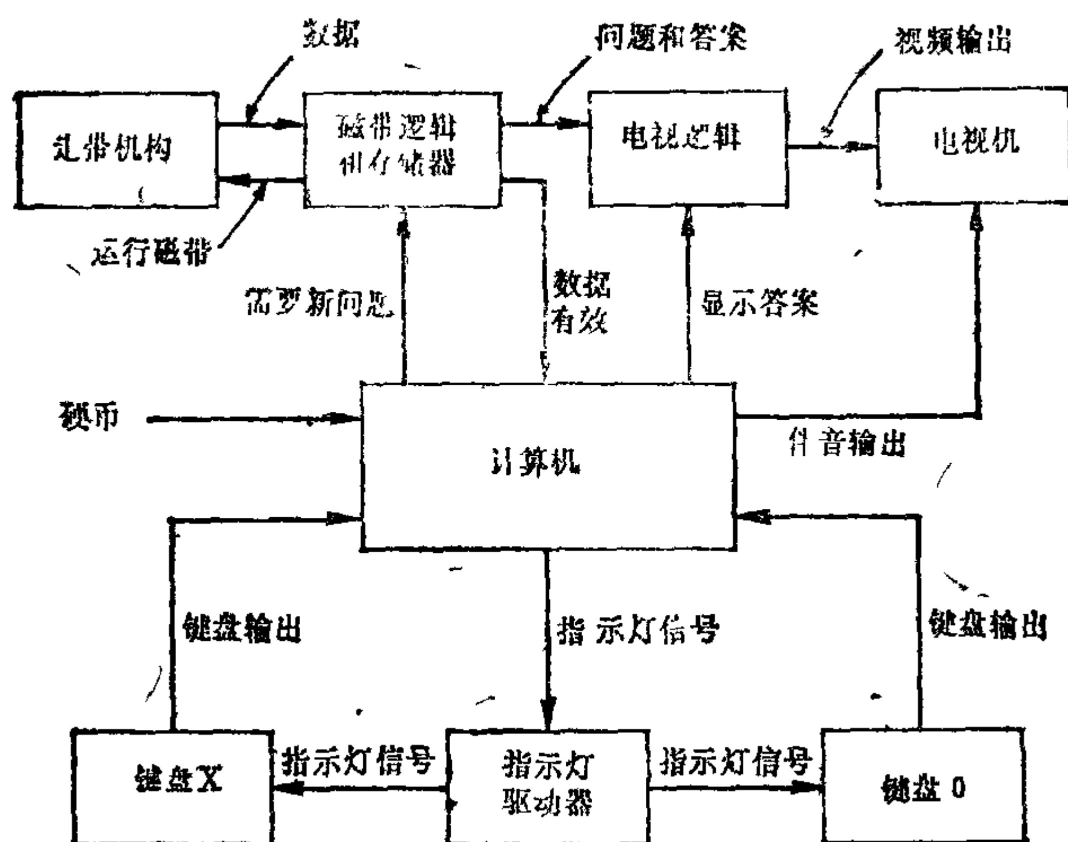


图 11-1　画井游戏机框图

按专用格式存放在磁带上。放音速度为1844波特。每个问题的数据块（256个字符）存放在2 k 位的随机存取存储器内，并可以通过字符发生器转换成字母数字的形式。在两个问题之间处，走带机构会自动关闭，以减少磁带和磁头的磨损。另一个2 k 位的随机存取存储器用来存放中央处理单元的数据。整个游戏程序存放在12k 位的只读存储器内。该游戏机中几乎所有的集成电路均属于国家半导体公司生产的TTL低功率肖特基标准型号。一台23英寸的电视监视器可用来显示画井图形、问题和答案。画井游戏机的电脑部分还控制着各种灯光信号并接收键盘信息。

11.11 “FONZ”游戏机

这也是一种美国赛格公司生产的一种投币式游戏机。它可以模拟超速行驶的摩托车的动作。如同大多数赛车游戏机一样，游戏者的目的是尽可能地对车加速并避免与迎面来的车辆及路边围栏相撞。形象逼真的摩托车把手和发动机轰鸣和路面向前运动的逼真景象是这种受欢迎的柜式游戏机的主要特征。点划线指的是路栏。这些线从上向下移动，从而产生了路面闪光的幻觉。当转动把手时，屏幕上的摩托车会相应地转弯和倾斜。在转动油门控制手柄时，会加快点划线的运动。摩托车朝着屏幕上端运动，发动机轰鸣声也会变大并且加快。路面和摩托车是按近大远小的透视原理显示的。屏幕底部，即靠近游戏者之处的图象要比屏幕上部的图象更大一些。显象管是竖着安装的，这样屏幕的长度就会大于宽度。另一种幻觉是，路面由近向远逐渐消失。

当屏幕上的摩托车与其它车辆或路栏相撞时，可以听到一种碰撞声，手柄抖动，而且摩托车的影象向回运动。每次碰撞都会耽误时间并减慢摩托车的起动速度。4位数的显示器连续地显示得分记录，2位数显示器显示游戏的经历时间。当得分达到1000时，“持续游戏”灯会指出该游戏者已战胜了对手，游戏机会奖励30秒的游戏时间。游戏的延长时间和游戏时间限制以及每次碰车的时间损失都可以通过旋钮来进行调节。

技术特点：

这种游戏机并不是一种微处理器控制的游戏机，该游戏

机含有40块集成电路及许多分立的晶体管和二极管。它们为产生形象逼真的视频和音频效果提供了所需要的所有逻辑和显示功能。一个专用的只读存储器用作产生摩托车影象的字符发生器。除此之外，均使用标准TTL逻辑。这块只读存储器存放了摩托车的不同影象并能提供逼真的转弯和倾斜影象。影象大小的变化是通过改变时钟频率来实现的。这种游戏机使用一台磁带录音机来录制摩托车的发动机声和碰车声。托架上装有1个电源变压器和1个稳压电源，驱动着逻辑板和音频部分。该游戏机使用1个23英寸电视监视器来显示图象。

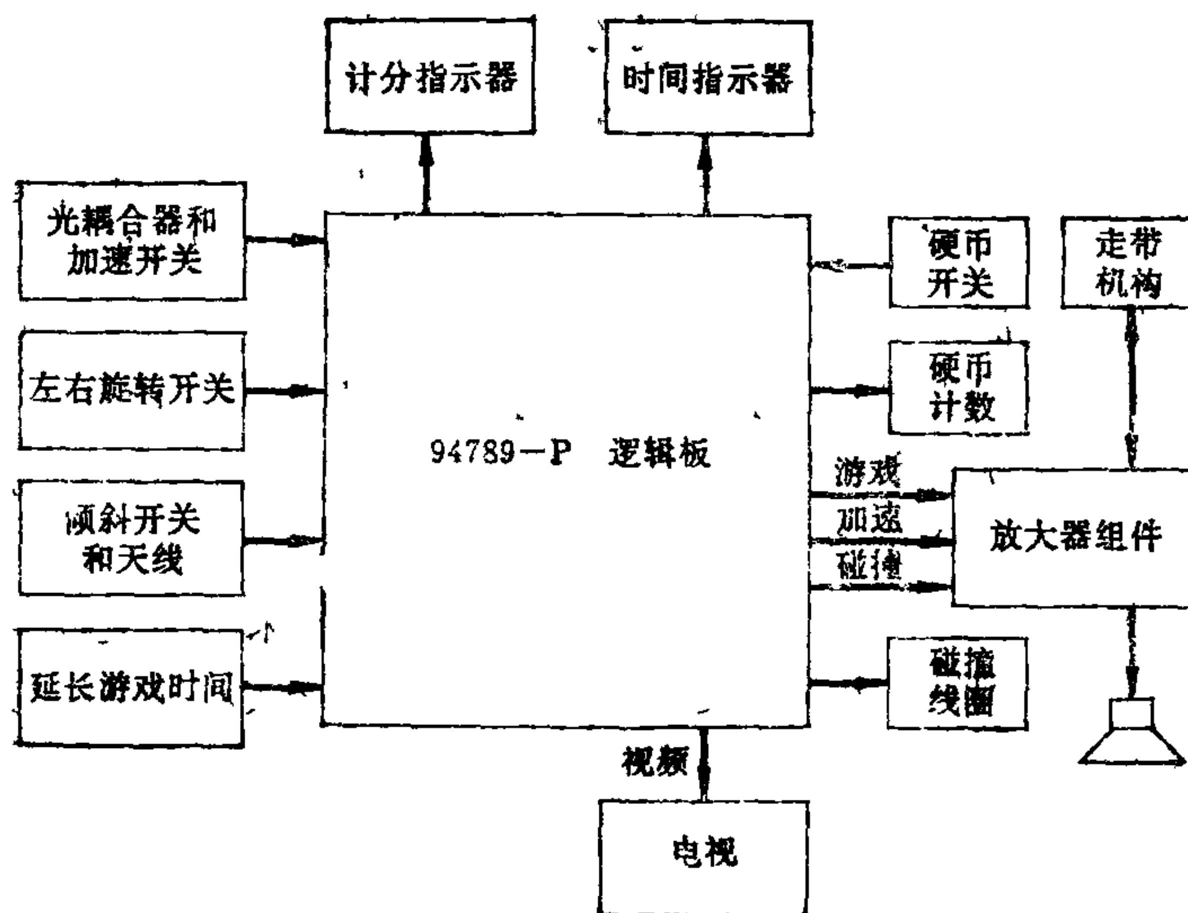


图 11-2 "FONZ"游戏机框图

第十二章　电子游戏机的故障检修

12.1　基本故障查寻技术

所有电子设备的故障查寻不外乎借助于声音、逻辑技术和按序查找等方法。杂乱无章地探查、测试及更换零件并不能真正地解决所有电子游戏机的故障。当然，在实际检修中还要视具体情况而定，不能墨守陈规地完全依赖故障查寻步骤和遵循逻辑技术。各类电子设备的故障查寻大致有4种通用的方法，即现象-功能法、信号-轨迹法、电压-电阻法以及元件替换法。本章的重点是介绍这4种方法在电子游戏机中的应用。"现象-功能"法被认为是整个故障查寻中的首要步骤。也就是说，在进行故障查寻时，首先要使用这种方法确定哪一部分会有故障。然后再使用"信号-轨迹"法确定具体哪一个或哪几个元件有故障。第三步再采用"电压-电阻"法找到发生故障的具体元件。故障的核实和最终的修理需要涉及"元件替换"方法。

电子游戏机以及其它电子设备中95%的故障都可以通过这4种方法找到。剩下5%的故障是间歇性故障，必须采用特殊的方法来解决，这一问题我们将在后面加以介绍。

现象-功能法：这种方法的实质是对故障发生原因和其对

外效果的联系进行判断。所说的效果是指显示和伴音的失常或者控制失灵等因素。下面用一个具体实例将说明这种方法的实际应用。当家用电视游戏机接收电视台的信号时图象正常，但是当天线开关放到"游戏"位置时却呈现出强烈的噪音和虚象。检查游戏机部分时，所有的游戏图象和功能均正常，但不管试用哪一种游戏都呈现图象弱和噪音大并有同步失调的现象。为此，观察以图12-1所示的典型电视游戏机框图来加以分析。从所观察到的现象来看，很明显，电视机、调谐器及天线的工作均正常。控制部分、逻辑电路、显示电路以及电源部分的工作是否正常，要根据电视屏幕的显示情况而定。根据上述现象，一般来说，在很大程度上故障发生

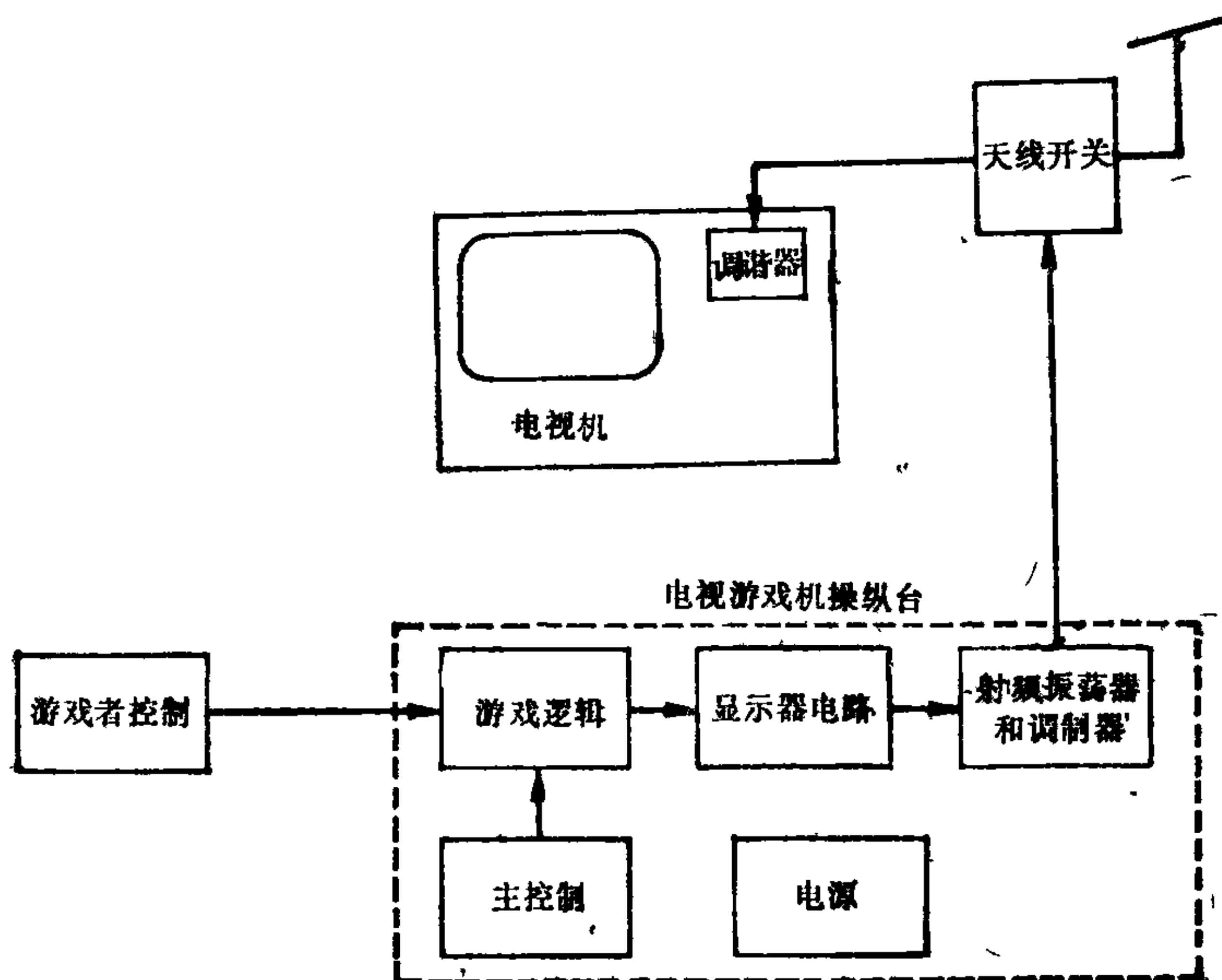


图 12-1　电视游戏机框图

在射频振荡器、调制器、天线开关或振荡器与天线开关之间的连接部分。这样，要检查射频振荡器的输出一般是不大容易做到的。另外，还要用三用表检查从射频振荡器到天线开关之间的同轴电缆是否断线。在此例中，其故障是因电视游戏机输出部分的同轴电缆接地不良所致。

简而言之，现象-功能法在很大程度上取决于对电子游戏机主要功能的了解。另外，还要熟悉图象和伴音的产生原理。采用现象-功能法，甚至可以不需要任何测试仪器。当然，这种故障查寻方法一般并不能找到发生故障的具体元件，而只能帮助找到哪一部分发生了故障。

信号跟踪法：这种方法一般需要使用一些电子仪器，通过信号跟踪来寻找最有可能发生故障的具体电路。这种方法尤适于用插盒来提供节目的电脑电视游戏机，但对于机器内驻留节目的游戏机来说，一般不太适用。现象-功能法告诉我们，由于控制部分、微处理器、显示电路及所有其它功能表现正常，所以故障肯定位于驻留游戏电路内。按照信号跟踪方法，可以使用示波器来检查所有进出驻留游戏的只读存储器。如果“读”信号确实不能达到游戏只读存储器的正确引线上，而示波器上也示出了有关“读”命令已在微处理器上出现，则可以得出结论，这两根引线之间发生了开路。再通过细心查看，结果会发现，印刷电路板上的连线已经断线。

信号跟踪方法可以有多种不同的应用方式。在有些情况下，必须注入测试信号，逐个电路进行跟踪。而对于电脑游戏机和那些使用了大量逻辑电路的游戏机来说，采用信号跟踪法需要专用的逻辑探针，甚至要使用逻辑分析仪。关于这

种方法，将在12.3节加以详述。

电压-电阻法：这种方法往往需要使用伏特-欧姆-毫安表（VOM）或数字三用表（DMM）。电压-电阻法的一种简单方式是测量B^+电压以及印刷电路板上各测试点电压。当然，事先应将发生故障的部分隔离。另一种方式是，先将电源切断，再测量可能发生故障的电路中的所有电阻器。采用这种方法往往可以找到开路或短路故障，甚至还可以发现漏泄的电容器。

前面介绍现象-功能法时所举的例子（见图12-1），同样可以用来说明电压-电阻方法。通过测量射频电缆和接插件的电阻值以及射频振荡器与天线开关之间的接地线，可以判断射频振荡器与电视机调谐器之间是否存在故障。使用这种方法，可以断定上述例子中的具体故障是接地不良。如果怀疑射频振荡器的输出过低，那么可以利用电压-电阻法来检查该电路部分所有直流点处的电压。B^+电压过低可能因旁路电容器漏泄所致，这样就会产生较低的振荡电压输出，甚至可能使频率变化。

在已经将故障确定在较小电路范围时就可以采用电压-电阻法了。如果整块电路或者整个游戏机不能正常工作，很明显，故障出现在电源部分。这样，就可以直接利用电压-电阻法进行检查了。

元件替换法：用一个好元器件来替换被怀疑有问题的元器件，这种方法只能适用于已将故障确定在几个元器件范围内的情况。在有些电子设备中，插入式电路板往往是整块替换的。但是，在电子游戏机中却不是这样。要确定一块集成电路是否有故障，往往只能采用替换法进行试验。

大多数电子游戏机并不采用插入式集成电路。稍有经验的人都会知道，既使是使用合适的工具，要焊下或焊上14或22引线的集成电路也是相当困难的。在本章的后部分将讨论一种简便的集成电路判断方法。这种方法可以在不拆卸集成电路的情况下对两块集成电路的性能进行比较。

12.2 现象-功能法

有关现象-功能法，下面介绍一下这种技术在三种主要类型电子游戏机上的应用。要成功地使用这种方法，关键在于应事先了解游戏机的每一功能是怎样影响图象和伴音的。如果利用少许时间借助于笔和纸进行逻辑分析，则往往可以节省大量时间和繁琐的故障查寻工作。

在板式游戏机中的典型应用：从前面几章介绍可以知道，板式游戏机一般是类似于袖珍计算器的手提设备，其发生故障的现象是通过数字发光二极管显示出来的。有时也会与按钮键盘的控制功能有关。图12-2列出了计算器类游戏机的简单现象-功能检查。所列的许多迹象和类似的故障检查同样也适用于袖珍计算器或其它板式游戏机。在出现显示器不亮或显示模糊，或者控制部件不能正常工作时，往往是由于电池或 B^+ 滤波器出现故障所致。同样，如果显示器的一个数位不亮，则其故障或者位于那个具体显示数位上，或者位于其驱动电路上。再有一种可能就是该数位的 B^+ 电压不够。当一个按钮不能正常工作时，往往可能出现了接触不良或断线的情况。只有在采用水平和垂直矩阵机械开关的设备中，才会出现键盘的整行或整列故障。除了接触不良和断线

以外，其余的故障均可归结为逻辑电路的缺陷。

现　　象	故障表现
1．显示器不亮或显示模糊，控制部件失灵	电源、电池、B^+滤波器
2．单个数位不亮	该数位B^+电压不够，驱动器集成电路失效，显示器失常
3．单个按钮不能正常工作	接触不良、开路
4．单行或单列键盘开关工作失常	机械开关组件开路
5．＋、－、×、%中的一项功能失常	开路、接触不良或逻辑缺陷
6．＋、－、×、%功能中没有一项能够工作	时钟电路或逻辑电路出现故障
7．所有功能的随机性故障	主要逻辑电路出现故障
8．某些功能的随机性故障	次要逻辑电路出现故障
9．小数点不亮	十进制逻辑电路出现故障
10．答数增多，以致于每个数位均为9	复位信号损失

图 12-2　计算器类游戏机的现象-功能检查

大多数手提式电子游戏机，其所有逻辑功能都集中在仅有的几块集成电路上。要对这些逻辑功能进行故障查寻是很不实际的。特别是在采用单块集成电路执行所有逻辑功能的情况下进行故障查寻就更没有必要了。在这些情况下，往往使用欧姆表来检查所有连线的连续性。更换微处理器或其它大规模集成电路似乎是唯一的检修方法，但更换成本往往与更换整机相差无几。例如，前面介绍的美国德克萨斯公司手提式游戏机大约为12美元，似乎不值得花上 5 或 6 美元更换一块集成电路，况且还要花费许多修理时间。然而，在一些

价格昂贵的游戏机中，更换集成电路还是值得的。

图12-2所列的大多数故障在板式游戏机中是最常出现的。当然，这些游戏机还会出现一些不太明显的其它故障。例如在棋类游戏机中，所有控制部件和显示部件的工作均正常，但不管你选择哪种游戏级别，机器总是在同一级别上进行游戏。这种故障类似于计算器中的算术误差。经过检查会发现故障出现在控制逻辑部分。这种棋的价格为200美元左右。很明显，更换失效的集成电路是很合算的。当然，要判定哪一块集成电路出现了故障，还需要一些有关程序和逻辑硬件的详细资料。在这一点上，现象-功能法还要让位于信号跟踪或其它故障查寻方法。

在投币式游戏机中的应用：比板式游戏机和计算器类游戏机复杂和昂贵得多的投币式游戏机一般都提供有故障查寻手册、电路图和详细的零件表。图12-3列出了前面已介绍过的“FONZ”游戏机的故障查寻指南。这些故障是按现象-功能划分的。应注意，前三种故障一般是由投币式游戏机的电

不通电	检查电源开关、电源线和内锁开关上的保险丝
游戏节目不启动	检查投币器和硬币开关；检查印刷电路板托架及连接情况
游戏节目切断（无摩托车）并且无伴音	检查音量控制、扬声器及连线；检查走带机构和托架，检查1.5A保险丝
无图象	检查是否接通电源，插座及保险丝
图象滚动	调节垂直同步
图象出现波纹	调节水平同步
图象变为多条对角线	调节水平同步

图 12-3 “FONZ”游戏机的现象-功能检查

源控制电路引起的。该控制电路包括硬币控制部件和防冲击内锁开关。尽管这里所列的现象和功能比较简要，但是，利用简单的调试设备却可以检查出大多数故障。

对于第十一章所介绍的微电脑控制的“画井”游戏机，生产厂家提供了微处理器流程图，如图12-4所示。分析该流程图以后再利用现象-功能法很快可以找到故障出现的部位和故障的性质。例如，如果在硬币投入之前预演图象中断，则肯定是图12-4左下部所示的CPU功能出现了故障。这类游戏机的故障查寻要应用现象-功能法只有流程图还是不够的。再使用详细的逻辑图和其它技术数据，往往可以将故障确定在某一块或某几块具体的集成电路上。这种故障查寻比较复杂，也比较花费时间。

在电视游戏机中的典型应用：本章开头简要介绍了怎样利用现象-功能法在电视游戏机中进行故障查寻。在大多数电视游戏机的故障中，应用现象-功能法首先是判断故障是否与电视机有关，还是出自于游戏机。在大多数情况下，可以先利用电视台发送的电视信号检查电视机的功能。然后，再检查游戏机的功能。如果类似的水平同步不良等类故障在电视机和游戏机中分别出现，则可以判定，故障来自于电视机而不是游戏机。相反，如果只有在电视机与游戏机相连时才出现垂直滚动，可以断定，这种故障是由于游戏机产生了不良的垂直同步信号所致。在有些情况下，必须关掉游戏机，切断连接开关，将电视机与天线相连来演示产生故障的部位。这种情况往往在以下两种条件下出现，一是接收电视台信号不良，二是电视游戏机产生的射频信号接近或干扰了本地电视台信号。

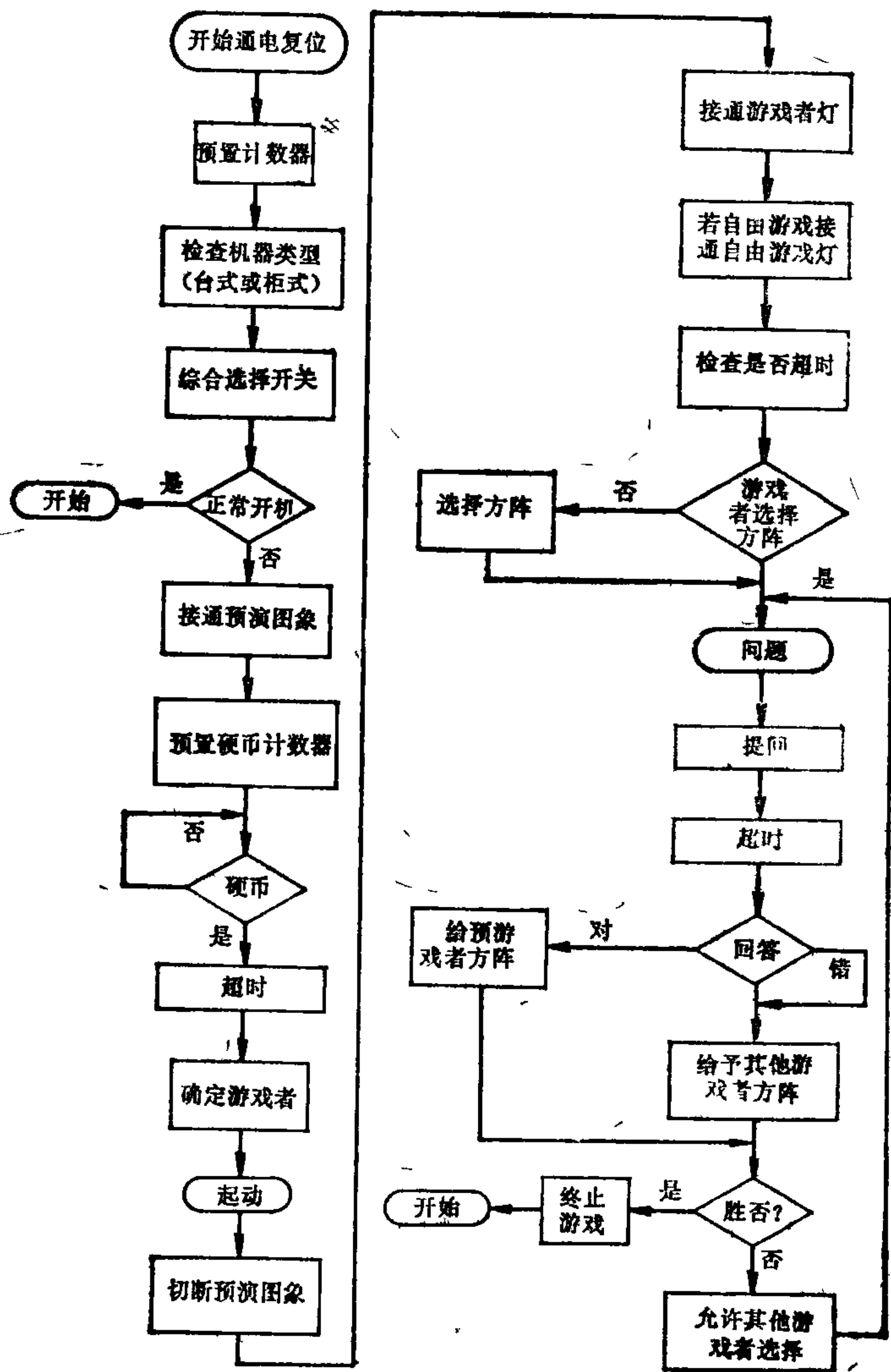


图 12-4 "画井"游戏机的程序流程图

一旦故障被确定在游戏机上，则可以认为，图12-5所列的每种部件都是一个潜在的故障点。所观察到的某些迹象往往与所列的相符。如果控制部分失灵，那么游戏机就不能正常工作。同样，如果垂直、水平或彩色同步电路工作不正常，则电视机上就会产生不正常的垂直、水平或彩色同步。这些故障只有在进行游戏时才会出现，而决不会在接收电视

电源（电池、交流稳压电源、开关及保险丝）
游戏选择（驻留游戏电路、游戏带盒）
游戏盒（插入触点）
时间选择
游戏者控制（电缆和接插件）
天线开关（电源开关）
射频振荡器（频率、输出功率）
调　制　器
垂直同步发生器
水平同步发生器
彩色同步电路
彩色相位选通电路
字符发生器
比分计数器
运动发生器
接触检测器
视频混频器
控制逻辑或微处理器
时钟电路
复位电路
音频电路

图 12-5　电视游戏机的功能部件

广播时出现。有些游戏机还有专门的字符发生器、比分计数器、运动发生器以及接触检测器等。很明显，在这些机能中有一项出现故障时 就可以与具体电路相对应。例如，如果字母数字和字符显示正常，而只是比分显示不正常，那么肯定是比分计数器出现了故障。如果游戏机可以显示出字符，但字符并不能运动；那么肯定是游戏机控制部件或者是运动发生电路出现了故障。

在电视游戏机上应用现象-功能法时，首先是观察现象，然后按图12-2所列的电视游戏机的各项功能进行检查，确定哪种功能部分会出现这种故障。在有些情况下，不同的部分会造成同一故障现象。例如，彩色同步信号的损失可出自于晶体振荡器。这就意味着，不能形成水平和垂直同步信号。在这种情况下，在电视机上不可能收看到任何图象。这时，利用现象-功能方法，再查看游戏机的框图和电路图就 会 找到故障所在。

12.3 信号跟踪法

所谓信号跟踪，可以通过两种方法来实现。一种方法是注入一种测试信号，然后跟踪这种信号来通过各部分电路。另一种方法是，跟踪电路中业已存在的某种信号。下面介绍这种方法怎样应用于图12-6所示电子游戏机中的垂直条纹发生器的。该具体实例还可参见图5-4。假设，网球或曲棍球游戏是一段水平条纹，而不是一个点。在一条水平条纹上产生一个点的功能是由垂直条纹发生器实现的。这样，可以把注意力放在垂直条纹发生器上。水平脉冲是作为触发脉冲加到

第一个单稳态电路上的。在第一测试点上接上示波器探针来检查是否出现触发信号。暂时假设，在第1测试点上可以看到水平同步脉冲。然后，再将示波器移到第2测试点上，检查这一单稳态电路的输出。如果在这一点上，看不到输出，那么，可以知道是这一单稳态电路出现了故障。可以跟踪图12-4所示的各种信号来检查图12-6的每个测试点。一旦信号发生损失或者幅度降低显著，则可以判定故障肯定在其前面的电路中。

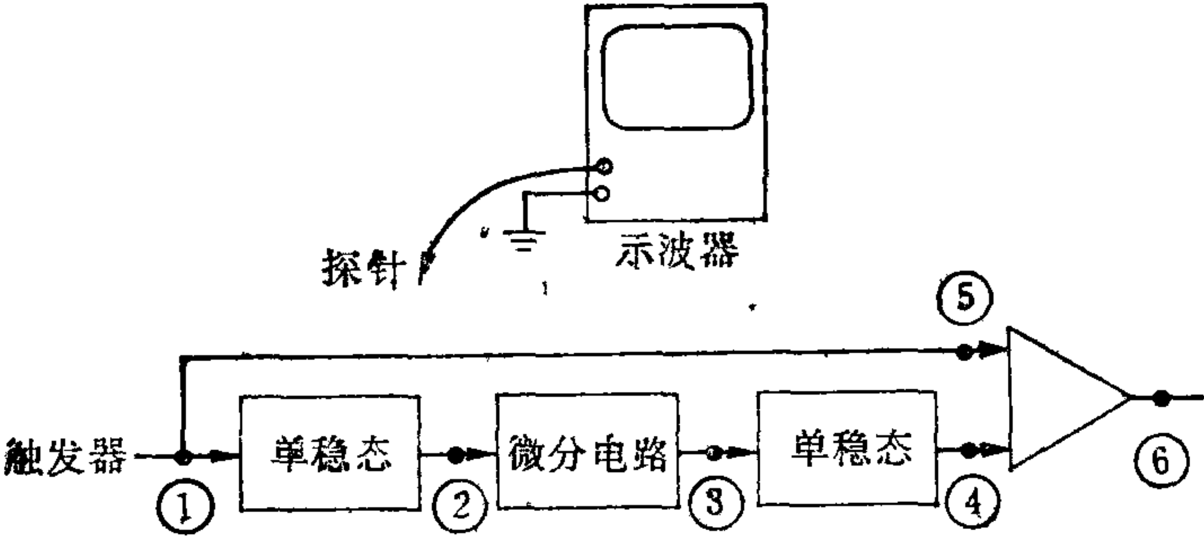


图 12-6 垂直条纹发生器的信号跟踪

通过分析波形，往往可以确定故障的具体种类。第3点波形与第4点相比差别很大。图5-4说明了微分作用。如果在微分电路中有一只电阻器或电容器发生开路或短路，那么就不会出现正确的波形。最后，用示波器来检查第4点和第5点的波形是否叠加在第6点上。

当一个电路的输出上出现了信号损失时，一般来说，并不能肯定地说故障仅仅在其前面的电路中。往往会有这种情况，下一级的输入被短路，使得阻抗严重不匹配，以致于使信

号发生损失。对于这种原因，在确定故障所在之前，测量一下阻抗是很必要的。对于大多数集成电路，可以用简单的欧姆表来测试。但在某些高阻抗电路或射频振荡中应使用波形分析示波器探头，其输入阻抗至少在1MΩ以上，因为测试探针的分布电容可以使示波器的频率发生漂移。

在使用注入信号进行跟踪时，必须将一些信号源、脉冲发生器或逻辑分析仪连接到被测电路上。在这种情况下，要想获得正确的结果，阻抗匹配是十分重要的。这样，一定要检查任一信号或脉冲信号发生器的输出阻抗，并将它与所连电路的输入阻抗进行比较。一旦将一个高阻抗信号源连接到低输入阻抗上时，就可能会使信号源的阻抗下降，以致于产生非正常的信号幅度。同样，当将低阻抗的信号发生器输出连接到高输入阻抗上时，信号发生器会使被测电路的阻抗下降。只有双方的阻抗数值相同时才被认为是最佳的阻抗匹配。

示波器跟踪：在进行适当的阻抗匹配以后，如果想看被测信号的波形，那么正确的同步也非常重要。在图12-6所示的例子中，触发器信号的水平扫描频率为15.75kHz，示波器必须与这个频率的至少两倍相同步，以示出两个水平同步脉冲。示波器可以使用接收的信号从内部同步。在这种情况下，第一个脉冲一般并不是全可见的。它们也可以与一个外部信号相同步，这样，可借助于外部同步信号进行比较简单的故障查寻。

在电视游戏机中，除了射频振荡器以外，信号幅度一般位于2V至8V之间。这样，必须将示波器的垂直输入增益调节到能提供合适的图形。大多数示波器都具有内部校准器，

可以用它顺利地进行信号幅度的测量。

利用示波器进行信号跟踪时，不能仅仅满足于看到信号，而且还要对波形进行测量，特别是对于微分波形、锯齿波形以及其它非数字信号，这一点更为重要。在测试数字电路时，所有的信号均为0或1的数字信号。这时，示波器会失去一部分能力。例如，在对微处理器进行故障查寻时，要想观察数据输入和输出，使用简单的示波器就不行了，而应该加上逻辑分析仪。加上逻辑分析器以后，示波器的输出可以同时显示多个不同的通道，而且输出可以呈现出0和1的形式。即使不借助于逻辑分析仪，而用一台显示多路信号的示波器，即多线示波器也是很有用的。

逻辑分析仪的应用：一种简单的逻辑探针在数字电路中进行信号跟踪是很有用的。逻辑探针的基本测试电路如图12-7所示。它是由两个反相放大器构成的。每个放大器驱动一个发光二极管指示器。如果测试引线与0电压相连，那么电压就会接近于地电位，标志为“0”的发光二极管就会发

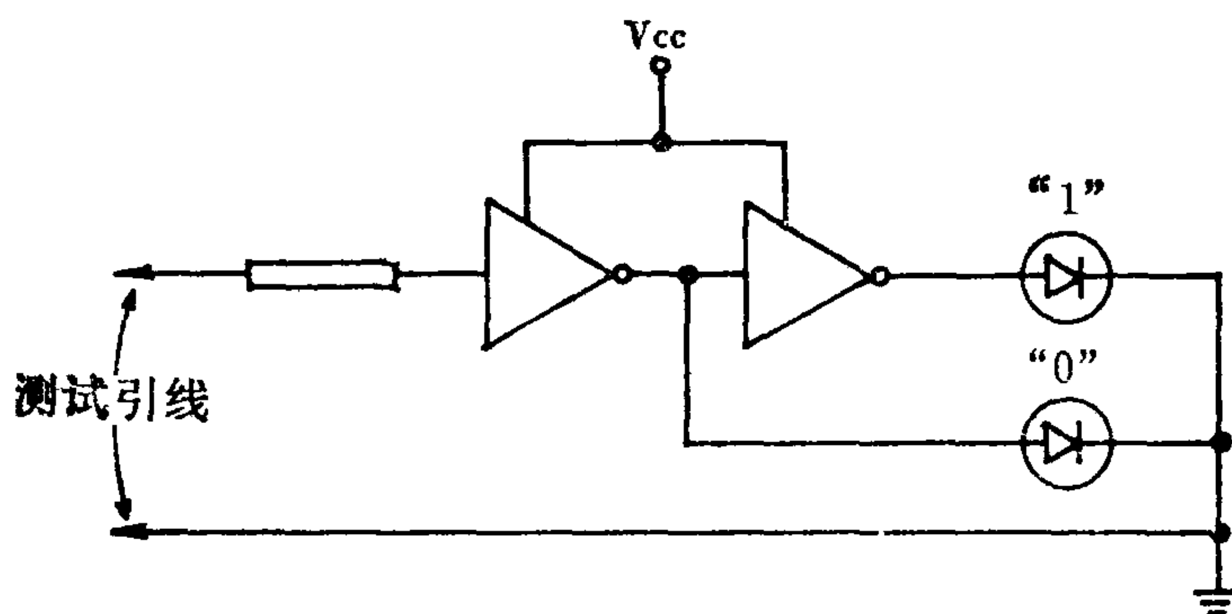


图 12-7 基本逻辑探针电路

光，而另一只发光二极管不发光。如果电压达到放大器的最小触发电平，那么标志为“1”的发光二极管就会发光，另一只二极管不发光。如果测试引线所测得的信号的变化速度大于每秒钟二十次，也就是说，方波的频率大于20Hz，那么两只发光二极管都会发光。很明显，这种简单的测试电路对于检查各类数字信号的有无是非常有用的。

市场上有各种不同逻辑系列或不同频率的逻辑探针出售，有些逻辑探针还具有数字指示功能。这一类逻辑探针从被测电路的一个端子上获得V_{CC}电压。当电压小于V_{CC}的30%时，探针会指示逻辑0电平。当电压大于V_{CC}的70%时，探针会指示逻辑1电平。当电压位于V_{CC}的30%至70%之间时，则不显示。这种逻辑探针的输入阻抗大于2.7MΩ，这足以防止探针对各类逻辑电路所引起的过载作用。这类探针的一种任选功能是具有选择性。它允许双通道输入。这样，只有在两个输入相一致时，脉冲指示器才会显示。另一种任选功能是，可提供记忆或扩展工作方式，具有捕捉高速脉冲链和“锁存”的能力以及检测每个高速脉冲的能力。

另一类流行型的逻辑探针能够测试整个集成电路。这类逻辑探针是由一个衣夹形部件构成，其较小的一端可以夹住双列直插集成电路的引脚；较大的一端由16个或更多的发光二极管组成，每只发光二极管对应于被测集成电路的一条引脚。其分离式电源安装在控制盒内。控制盒另外还含有一个可选择阈值的触发器，从而与被测逻辑系列的具体特性相匹配。为了有效地使用这类逻辑探针，必须事先知道被测集成电路的哪一引脚上会出现哪种信号。这往往有助于画出一个能分别示出所要求信号、波形以及其关系的图形。使用这种

结构可以观察门输入的升降以及从一个电路传向另一个电路的脉冲。另外，还可以观察触发器的状态变化以及译码器和编码器接收和记录的信息。当然，只有当其变化速度不大于肉眼分辨能力，也就是说小于每秒20次时，才能观察到变化的信号。

字发生器和逻辑分析仪：这种颇为复杂和昂贵的精密测试设备一般仅仅在专门进行数字设备和计算机的故障检修部门中才能见到。字发生器实质上是一种脉冲发生器，它能够发送相应于一个或多个字节、整个字或一系列字的数字信号。逻辑分析仪一般能够接收16个或更多的同时输入，而且一般带有自己的字发生器。许多逻辑分析仪还可以编制程序，将专门的测试字或字组加到设备上。然后分析许多不同输出的同时响应。实际上，一个逻辑分析仪可以自动地实现一个复杂数字电路的整个信号跟踪过程。它能够检测具体的故障。当输出上出现错误时会停止输入。然后，准确地指示哪一逻辑部分出现了故障。逻辑分析仪往往需要复杂的程序设计，而且能够用 0 和 1 显示出输入或输出信号。

12.4 电压-电阻法

如本章开头所述，一旦故障被确定在某一具体电路以后，在判定哪一具体元器件失效时，就需要使用电压-电阻法了。在电源故障的查寻中，进行电压测量是非常有效的。在测量电池电压和交流稳压器、调压器和RC耦合网络的输出电压时，应注意，电压会随着电路负载的变化而变化。当电池从电路上撤掉时，暂时可表现出合适的电压，但当接入

电子游戏机以大电流供电时，又会呈现出很大的电压降。另外，温度的变化也常会影响电流的变化。在寒冷和预热条件下所测得的电流往往相差很大。有时，一块失效的电压调整集成电路只有在游戏机已经通电一段时间，而且集成电路已经预热以后才能呈现出失效。

用欧姆表检查电阻值不仅对检查电阻器，而且对检查电容器、二极管、三极管，甚至某些集成电路都是很有用的。在使用电位器的地方，无论是游戏者控制旋钮，还是游戏电路中的可调电位器，都应该在整个变化范围上进行阻值测量。

在测量1μF以上的大电容器时，应该首先分出其引线的正负极。然后，再接上欧姆表，一般先用高阻值量程。在电容器充电时，欧姆表的读数应该是接近0的位置，然后逐渐趋向于接近开路。如果电容器发生短路或断路，则欧姆表会立刻指示出来。如果电容器漏电，则欧姆表上阻值的变化就相对小一些，最后的阻值读数也要更低一些。

在测量二极管时，主要测量其正向和反向电阻，反向和正向阻值之比不得小于10∶1，否则视为失效。三极管可以被视为两只二极管，也可以用上述原理进行测量。图12-8示出了三极管的测试方法。图12-8（a）所示为欧姆表接在基极和集电极之间，极性如图所示。这种测量所测得的阻值会很高。如果将欧姆表的表笔调换，则阻值读数会很低。若两次测量的读数之比至少为100∶1，则说明晶体管的这个结是好的。基极-发射极二极管的测试如图12-8（b）所示。按图示极性测量时，阻值读数应该很高。调换测试表笔以后，读数应该很低。同样，如果两次测得的读数之比至少为

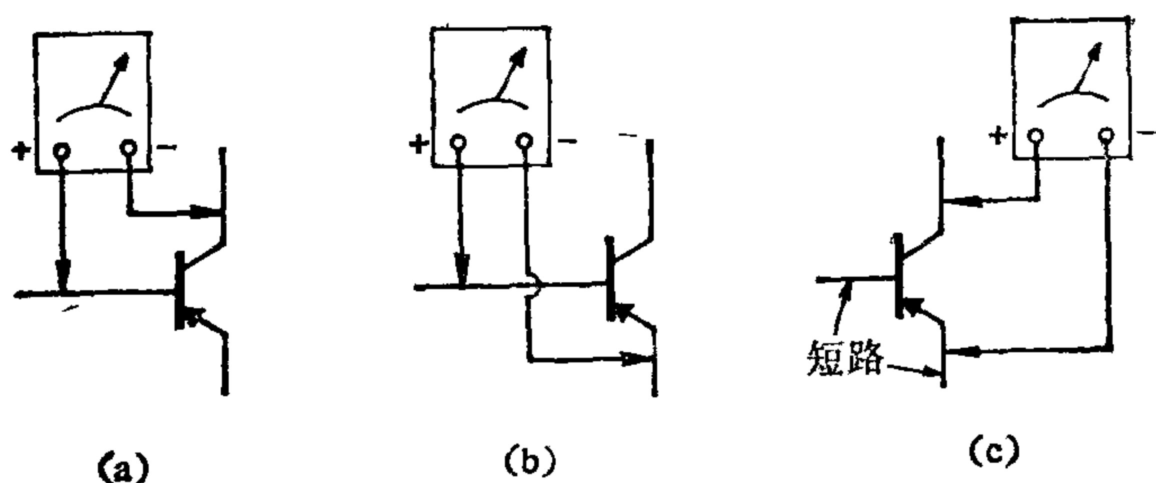


图 12-8 晶体管的电阻测量

100∶1，则说明基-射结是好的。晶体管的一次测量可以通过图12-8（c）所示的简单电路来实现。将基极和发射极之间用夹子短路，则按图所示极性进行测量时会出现很高的阻值读数。当停止上述的短路，而使基极和集电极之间短路时，则测得的阻值将是很低的。用这三种简单的电路可以快速地判定出晶体管的开路或短路故障。

在测量大规模集成电路时，可以用电阻测量法来检查一些具体引脚的输入和输出电阻，但是并不能判定这些引脚以外其它逻辑单元的好坏。然而，在很多情况下，集成电路的缺陷往往是由于外部引脚与内部电路之间开路所致。这样，完全可以用电阻测量法很快地将这类故障检查出来。如果知道了一块集成电路所有逻辑单元的输入和输出阻抗，就可以用欧姆表来检查它的好坏了。但是一般来说，最好用其它更加完善的方法来检测集成电路。

12.5 元件替换法

在故障已经检查出来以后，使用好的元器件来替换被坏

疑有缺陷的元器件是判定故障是否确实存在的最后一步。遗憾的是，由于在电子游戏机中能够快速、方便、廉价地替换的元器件的数量并不多，所以这种替换法在电子游戏机中的应用是比较有限的。

根据现象-功能法中所得出的结论，可以通过判断来更换新电池、实验室电源、保险丝及电缆等。如果一部具体的游戏机在与实验室电源相连时工作正常，而与交流稳压电源相连时工作却不稳定，则说明交流稳压电源中的某些元件不稳定。如果发现某一控制开关不能正常工作，则可以通过换接接头和电缆的方法来换接控制电位器。这样做有助于最后判定出故障是在控制器上还是在连接部件上。电容器，特别是那些用作B^{+}滤波器的电容器的替换是比较容易的。只要切断一根引线，接上一个好的即可。

然而，要更换已焊接在电路板上的集成电路是很费事的。市场上出售着各类专用工具，这些专用工具是专门设计从电路板上拆下集成电路而又不使集成电路和电路板受到损坏的。但是，即使使用了合适的工具，要从电路板上更换一块集成电路也是很麻烦的。有一种专用设备能在电路中测试集成电路，将它与同一种好的集成电路进行性能比较，这样就可以不必将原集成电路拆下了。这种专用设备带有一个衣夹形夹持器。该夹持器通过压簧与被测的集成电路相连。设备的插座内插有一块完全相同的完好集成电路。在一组发光二极管显示器上，每只发光二极管对应集成电路的一只引脚，以显示被测集成电路与好集成电路之间每一引脚的逻辑状态变化。新换上的集成电路可以像被怀疑有故障的集成电路那样接收相同的输入信号，而其输出信号的正确与否却需

要进行分析。如果两块集成电路的输出均相同，那么被测集成电路肯定是好的。只要没有一个输入门被接地，就可使用这种方法。因为在有输入门与地短路的情况下，门电路并不能被简单地进行测试。如果加到被测集成电路上的信号是错误信号，那么当然这种测试不会有用。所以在使用这种替换和比较方法时，所有样品集成电路的各输入和输出引脚上必须有正确的信号。在使用大量标准集成电路的投币式游戏机中，这种比较测试方法是非常适用的。

12.6 电子游戏机中经常出现的故障

电子设备的可靠性主要取决于接插件、开关、电缆等机械部件，就电路的本身来说可靠性还是比较高的。即使是集成电路发生了故障也多半是由于电路内部的机械结构发生变化所致。下面主要介绍那些能够用肉眼看得见或者用欧姆表能够检查的一些机械故障。当利用现象-功能法将故障确定在设备中的某一区域时，首先应该考虑到诸如开关、接插件及电缆等机械部件的开路、短路以及间歇性接触等问题。除了这些机械故障以外，下面所列的常见故障有利于对各类电子游戏机进行故障查寻。

显示异常．发光二极管或其它数码显示器所发生的故障是非常少见的。字段显示模糊或发光二极管不亮是最明显的故障。这些只能更换新的来解决。如果显示器是用电视机或监视器，则最常见的典型故障有下列几种。

1．水平振荡和回扫电路出故障：这一部分出现了故障常常使电视机的光栅显示异常。当水平振荡器不能正常工作时，它就不能提供回扫脉冲。这样就会使得显象管的第二阳极或最后阳极所要求的高压不足。一旦发现屏幕不亮，可先检查显象管的灯丝是否断路，即是否发红。然后再检查水平振荡器和回扫部分是否异常。高压部分出现的故障比较少见。

2．垂直扫描出故障：这一部分最常见的故障是显象管出现一条水平亮线或垂直扫描的非线性。当显象管上出现一条水平亮线而不是满屏幕光栅时，则说明失去了来自偏转线圈的垂直扫描信号。大多数这类故障多发生在垂直振荡器部分。当图象出现顶部压缩或底部扩展或者顶部扩展底部压缩时，则一般是因为垂直线性和幅度控制失调所致。同样，如果图象不能填满屏幕的顶部或底部，那么或者是由于这些控制失调，或者是由于与其相连的电路发生了故障所致。另一种与垂直扫描部分有关的不常见故障是垂直同步失调。其对外表现是，图象出现垂直方向的滚动。这种故障是由于同步电路异常，或者是由于电视监视器或接收机的同步分离部分衰减了垂直同步信号所致。有时，当这些电路处于临界状态时，通过空中发送来的电视图象的同步效果要优于电视游戏机所产生的图象。这样，在检查同步分离部分之前，应事先检查电视游戏机所产生的垂直同步信号。

3．电视机调谐器出故障：对于使用机械式调谐器的家用电视游戏机来说，时间一长就会出现触点磨损问题，而发生断续接触现象。对于不常使用的频道来说，该频道触点的腐蚀就更加严重。当电视游戏机连接到该频道上时，就会出

现断续工作的情况。如果轻轻晃动频道选择开关即可获得良好的图象和伴音，则说明调谐器的触点需要清洗及紧固。频道选择开关部分的另一个故障是因内部细调失调所致。如果将电视机与游戏机相连并调谐到几个从来未使用的频道上时出现了这种情况，则必须使用内部校准螺丝来对这些频道进行细调。

4. 干扰性故障：电视机的干扰问题是十分令人讨厌的。其具体的解决方法已超过了本书的讨论范围。当电视机与电子游戏机相连时，大多数干扰信号会被天线开关所切断。只是在极少见的情况下，干扰信号才被电视游戏机所拾取并出现在屏幕上。这类故障往往是由汽车的汽缸点火系统、继电器或业余无线电台、高频电热（热封）机等外界干扰源所致。可以通过观察干扰出现的周期和时间来找出干扰源。如果游戏机靠近医院，那么只有当医院上班时才会出现干扰，则这种干扰多半是由高频医疗设备或其它设备造成的。业余无线电爱好者的设备和民用电台的干扰往往是以短脉冲的形式出现的。汽车或汽缸点火干扰一般与发动机的声音相伴随。

5. 控制部分出故障：由于游戏者在游戏中沉迷于游戏情节，在使用操纵棒时都不太精心，在控制中操纵棒最容易出现故障。有些故障是十分明显的。如果有人不慎将咖啡顺着操纵棒贱入机器内，那么就会产生接触不良或间歇性接触。若与操纵棒相连的电缆破损或有裂痕，则就会出现断路故障。最常见的故障多出现在各个连接部分。所以游戏者在使用控制部件和接触电缆或连接部位时应十分精心。连接部位的故障发生率最高。例如，多头插座的引脚容易弯曲或损

坏。有时，不小心会将插座内的金属引脚拔出来。总而言之，几乎所有的控制故障都是由机械磨损或变形所致。

6. 逻辑故障：如果印刷电路板上的集成电路出了毛病，那么故障最容易出现在接插件，特别是印刷电路板边缘的插座处。另一个故障出现比较多的部位是印刷电路板。印刷电路板的铜箔容易出现裂缝，发生开路，或者相邻部位接触而发生短路。若印刷电路板上涂有绝缘材料，则后一种故障出现的机会就会很少。裸露的印刷电路板很容易发生短路。例如铁屑、焊锡渣或者元器件上剪下的引脚线都可能使相邻的导线之间形成短路。集成电路上的引脚或印刷电路板上的钻孔发生故障是很少见的。但是，如果出现了这类故障，那么很可能是集成电路内的细引线熔断或者低熔焊点已被熔化。

12.7 间歇性和难以查寻的故障

在电子设备的故障查寻中，富有经验的人都会记得这样的例子。即对于有些故障，用尽了所有的技术和各种检测仪器，用上了所有检验措施并更换了很多元器件还是找不到故障源。还有一种难以查寻的故障就是间歇性故障。这种间歇性故障出现一段时间以后又消失了。在对这类故障束手无策时，建议采用下述的手段。

将含有难以查寻或间歇性故障的游戏机加温到内部所含敏感器件（一般是集成电路）的极限温度。集成电路的标准工作温度极限为45℃。在达到这一温度以后，再反复地进行常规检测，并记下每次测试的结果。进行完所有的检测以

后，如果设备仍然能够正常地工作，则尽可能快速地降温。具体可以使用风扇或吹风机向游戏机上吹风。也可以使用冷却喷雾瓶降温。大多数集成电路在0℃时也能够正常工作。一般来说，实现这一温度并不是十分困难的。重复整个试验过程，并记下每次的检测结果。按照这种方法，有时可能会发现某些元器件的具体故障。更换这些元器件以后，再重复上述的试验，至少可以在理论上找出那些失效的或工作在临界状态下的元器件。

如果通过冷热循环仍然找不到故障源，那么可以再采用机械振动的方法，将游戏机连续振动10或15分钟。然后，再进行冷热循环检测。这种方法的理论根据是，那些难以查寻或间歇性的故障往往是出自于工作在临界状态下的元器件。这些元器件在承受热应力和机械振动的情况下往往会失效。实验证明，这种方法一般是行之有效的，在中断温度循环以后，再利用测试仪器进行具体电压、频率、幅度、波形等项检测。然后，再逐一与生产厂家提供的数据进行比较。虽然这种方法需要许多时间，但最终却可以找出故障所在的部位。

第十三章　电脑电视游戏节目的选择和游戏场的管理

13.1　电脑电视游戏节目的分类

世界上从开发出第一台电子游戏机起，至今已经二十年了。最初几年，游戏节目比较少，每种游戏节目的商业寿命也比较长。随着计算机软件科学的发展和游戏场的需求，新电脑电视节目的开发速度越来越快，其商业寿命也越来越短。在日本，电脑电视游戏节目平均每2～3个月就要换新的，才能满足游戏者的要求。平均每个月都有新的游戏节目出现。在美国，电脑电视游戏节目的平均商业寿命大约为半年至一年。在欧洲，电脑电视游戏节目也需要2～3个月就得更换。

二十年来，全世界共开发了一万余种电视游戏节目。这些节目大多源于电影、杂志中的故事、动画片等。根据世界各地各民族的生活习惯不同，电视游戏对象的年龄也不一样。在日本，经常玩电视游戏机的人大多是16～25岁。而在美国，大多是12～20岁。国外的电脑电视游戏节目大致可分为以下6大类。

（1）教育性游戏：诸如“初级电脑”、“数字游戏”、“测字游戏”及“基本电脑程序”等。

（2）体育性游戏：诸如“篮球”、“高尔夫球”、“奥运会”、“保龄球”及“贝利足球赛”等。

（3）动作性游戏：诸如“海空大战”、“超人”、“大赛车”、“轰炸机”、“马戏班弹板”等。

（4）益智性游戏：诸如“动脑筋运算”、“福尔摩斯”、“画井”、“迷宫”等。

（5）思考性游戏：诸如“苹果棋”、“百家乐棋”、“国际象棋”、“探险寻宝”等。

（6）幸运性游戏：诸如“二十一点”、“赌场大王”、“拆墙”等。

13.1.1 教育性游戏机

这是一种较为流行的电子游戏机。许多市场专家预言，教育性游戏机将具有很大的市场潜力。他们还认为，为教育儿童算术而设计的专用袖珍计算器很受欢迎，很快会演变成电视游戏机节目。

大多数教育性电子游戏机需要使用家用电视机，也有些厂家出售了具有袖珍计算器功能的板式游戏机。比较典型的有美国德克萨斯公司制造的“计算器方块”和“测验器”。这两种游戏机都是根据1400型五功能袖珍计算器的原理设计的。这些游戏机包含有与算术习题计算有关的教育资料，尤其适于12岁左右的儿童使用。

下面介绍的两例典型的教育性电视游戏机都是由微处理器控制的插盒式存储器游戏机。它们之间的最大区别是，美国无线电公司的“校舍”系列游戏机是根据有关教育资料设计的。而仙童公司的F-8系统是根据在屏幕上显示并解答有

关问题的小册子设计的。两种系统都在不断地改进，将来会发展成能够进行各种教育游戏的电子游戏机。

乘法游戏机：

在仙童公司生产的这种游戏机中，插盒式存储器可以为游戏者提供简单的乘法和除法习题。如图13-1所示，屏幕上显示的两种习题格式与在纸上计算的格式相同，下角上列出了正确和错误答案的得分。向左或向右推动操纵杆控制器可以把答案送到屏幕上显示出来。再推动一下可以改变一个数字。当需要显示所要求的答数时，可以按动控制钮送入答数。如果答数正确，那么屏幕上会出现“正确”的字样。如果答数不对，则屏幕上会出现“再作一次”的字样达一秒钟。如果在一秒钟内仍没有作出正确的答数，那么游戏机会为游戏者一步一步地列出解答的步骤。在游戏者正确地解答了习题或者在游戏机已经显示了答数之后，这时将控制钮抬起，即重新开始解答新的习题。

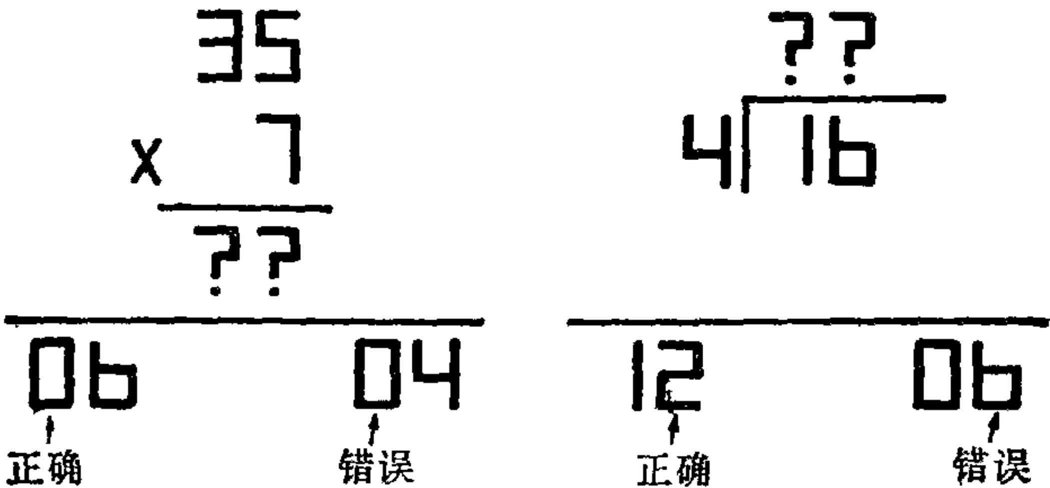


图 13-1 乘法游戏机的屏幕显示

“电视学校”游戏机：在这种游戏机中，一个盒式存储器含有36个测验问题所需要的数据。有 9 个问题是有关基本

的和较深入的社会研究问题游戏。还有9个问题是数学习题游戏。每个测验习题有8个小问题。随盒式存储器一起出售的小册子上有所有测验的答案。

图13-2所示的例子说明了一个较深的社会问题，即“欧洲地图”。目录上示出了欧洲地图，用字母标出了8个国家。地图下面是依次标有号码0～9的10个国家名称。字母A～H中的一个字母依次出现在屏幕上的空方框内。游戏者可以按动键盘上的相应号码选择正确的答案。一组允许思考10秒钟，一组允许思考20秒钟。当两个人玩的时候，每个游戏者应抢在对方之前回答出问题。如果一个人回答得不对，就会出现“不对”的字样，并会封锁这个人的动作。回答正确了可以获得1～10分。分数的多少取决于送入答案的敏捷程度。如果在允许的时间内做出了正确的答案，就会显示下一个问题。每进行一次回答，后续问题就会以不同的随机次序出现。

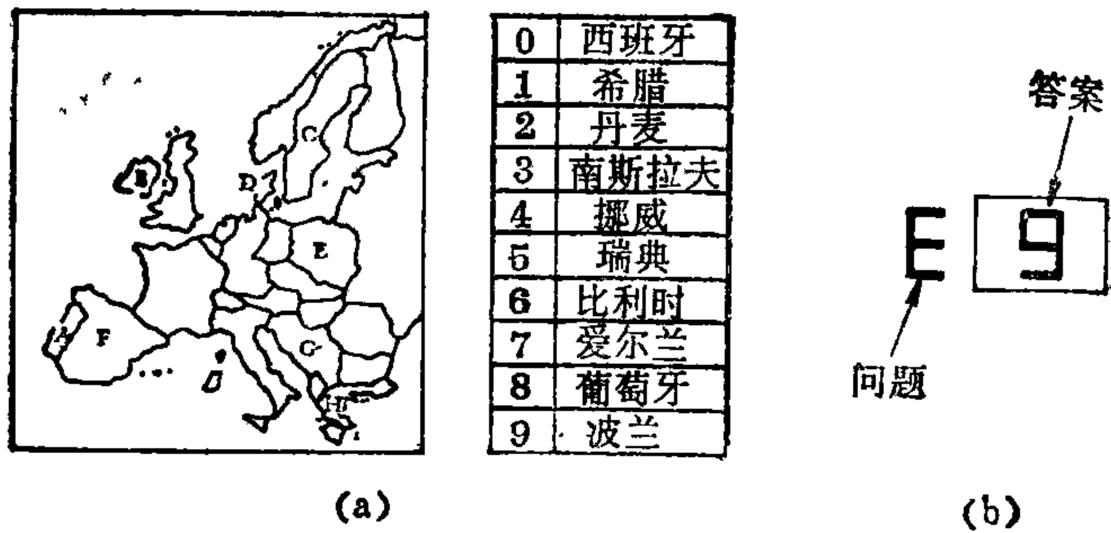


图 13-2 欧洲地图

同样，在电视屏幕上显示字母A～H的这种游戏，可以

用来学习公民学、历史，也可以学习数学。在后一种题目中，问题显示在带有不同字母的目录中，可以按动相应的号码键进行解答。一般有8种习题和10个供选择的答案。这8种习题可以是加、减、级数、乘、除、罗马数字以及小数习题等。

共同特征：教育性游戏机主要是以数字为基础的。由于要求有一定的计算能力和存储容量，所以这类游戏机均采用微处理器进行控制。而且不管是使用数字还是使用字母，所有的控制和显示都是数字的。教育性游戏机很容易应用到常规的学校教学中去，它们甚至可以取代或补充家庭作业课题。将来电视家庭作业与电视游戏之间几乎没有什么差别。一旦学生坐在电视机前，他们就会不知不觉地学会了做家庭作业。

主要的电子特征：由于教育性游戏机是由微处理器控制的，所以其主要电路也是随机存储器、只读存储器、输入输出电路及中央处理单元等。虽然游戏机提出问题的顺序是随机出现的，但是其随机性并不象幸运游戏机那样重要。简单的字母数字是其主要的显示元素。在目前市场上的教育游戏机中，显示器的价格占比重较大。插盒式存储器是最关键的部件，因为它的程序结构决定了游戏的内容和复杂程度。伴音效果对于教育性游戏机来说并不显得很重要。大多数电子游戏机在进行教育游戏时是不加伴音的。

13.1.2 体育性游戏机和动作性游戏机

这两类游戏机基本上都是建立在眼和手之间相互配合的基础上的。即依靠快速的条件反射和敏捷的手指动作才能取

胜。体育性游戏机一般分为球类游戏机和赛车游戏机。球类游戏机又进一步分为网球、曲棍球、英式足球、橡皮球、蓝球、滚木球、排球、台球、足球、保龄球及手球等游戏机。一般制成微电脑式和专用逻辑式的电视游戏机和柜式游戏机。当然还有一些其它球类游戏机，诸如橄榄球和乒乓球游戏机，但后者没有精密的模拟装置。

动作游戏机主要包括各种坦克大战、空战、导弹大战、水下驱逐战以及其它一些模拟战争的游戏机。当然，射击目标也可以划为体育游戏，虽然它与战争游戏略有不同，但目前仍然被列为战争游戏。

大多数赛车游戏机包括汽车、摩托车或其它一些交通工具。此外，还有一些模拟赛马的竞赛游戏机。按照游戏机的具体型号，赛马也可以列为幸运类游戏机。

网球游戏机：图13-3示出了一种广泛使用的网球游戏机的屏幕显示。在这种游戏机中，球拍可以在网的自己一侧任

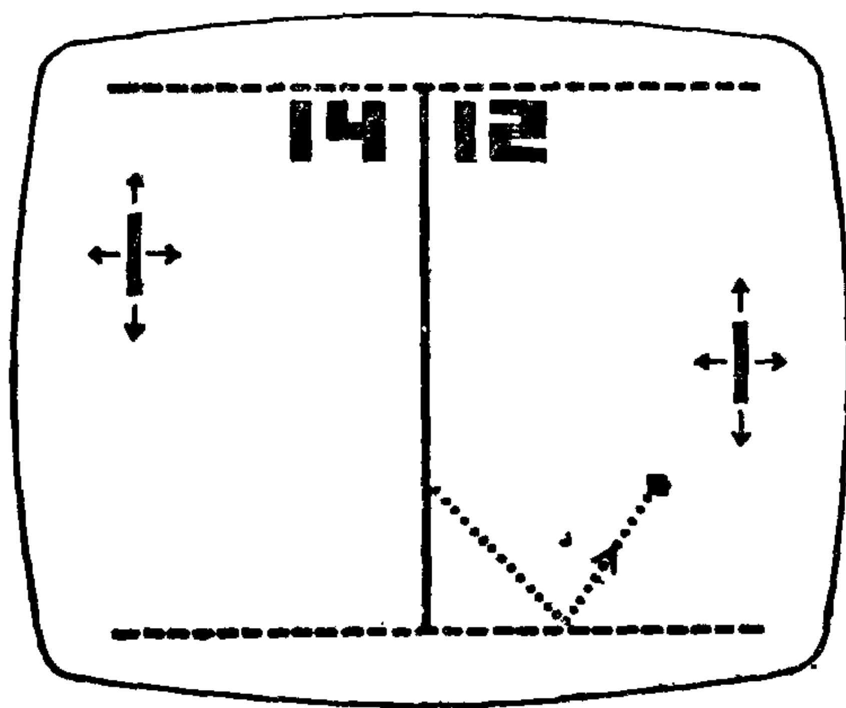


图 13-3 网球游戏机的屏幕显示

意移动。另外还可以对球的运行路线进行若干种选择。球拍的长度从电路上可以分为2或4个部分。球离开球拍的角度取决于球接触球拍的位置，一般可有2或4种不同的角度。每次失误都可以使比赛的对方得分，最高可得15分。

与实际的网球比赛相比，在电子游戏机中，球要越过球网。如果球碰到屏幕的顶部或底部边界，那么它就会以相同的角度反射回来，游戏可继续进行。在提供有伴音的网球游戏中，当球接触到球拍或边界时，一般会发出"咔嗒"的碰击声。另外，还会发出另一种不同的声音以指示比分的变化。不同型号的网球游戏机，其场地、边界、网和双方的球拍可以是白色、灰色或其它颜色。有些型号的机器，其球拍不能作水平运动。有些型号，可以有不同的球拍长度，还有些型号设有专用的球拍控制按钮，以使游戏者与球拍接触时选择出一种曲线的运行轨迹。

作战游戏机：目前，作战游戏机在市场上较为流行，诸如坦克大战、战斗方阵、沙漠散兵等，坦克大战是其中较为典型的一种。如图13-4所示，屏幕上显示了两个对垒的坦克、一系列障碍物和地雷等。每个游戏者可以按所要求的方向旋转坦克，控制坦克的运动，并用机关炮瞄准对方。障碍物可以作为敌方坦克射来炮弹的屏障，但也可以作为危险地区。如果一辆坦克碰到障碍物，那么它就会在暂短的时间内失去战斗能力，而且必须倒车躲开障碍物。如果坦克碰到了地雷，那么就会发生一次模拟的爆炸声响，坦克即会失去战斗能力达某一预定的时间。每爆炸一次，对方就可得一分。炮弹的射击次数可以不受限制，而射击的速度是固定的。炮弹的射击距离为屏幕宽度的2/3。当一辆坦克被对方击中

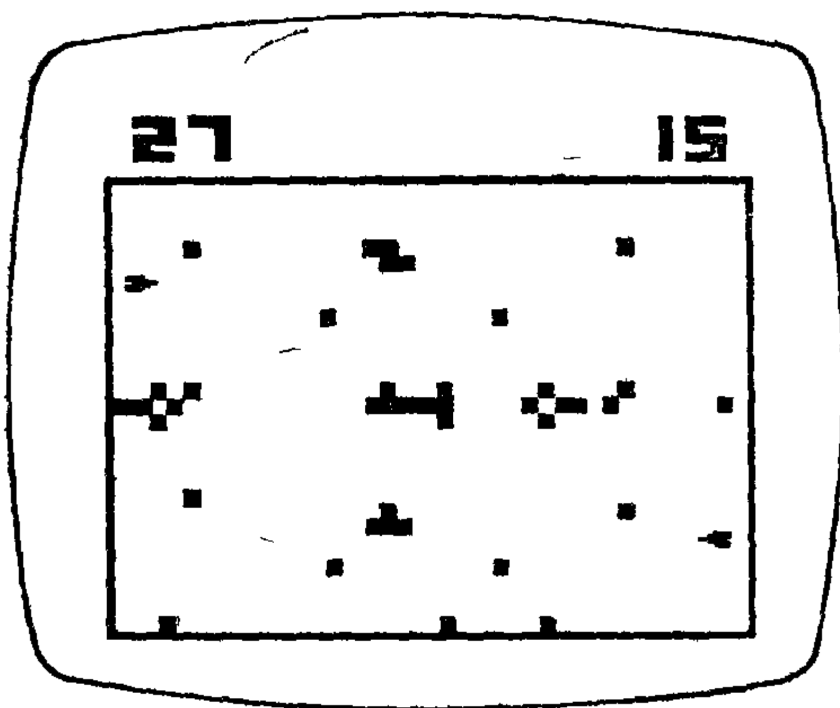


图 13-4 作战游戏机的屏幕显示

时，就会产生一次模拟的爆炸声响，比分也会发生改变。

这类游戏机的某些型号可以在发射炮弹时旋转坦克使其炮弹按曲线行进。在这种游戏机中满分为31分。然而，记分方法要随着游戏方式的不同而异。有的游戏机可以有两个以上的坦克和两个以上的游戏者；有的不使用地雷；有的一旦坦克被炮弹击中就会从游戏中消失；有的可以显示炮弹爆炸的图形；有的只能显示坦克的爆炸；还有的根据坦克的颜色可以显示不同颜色的爆炸图形。音响效果包括高保真的战场轰鸣，即对不同的坦克速度、碰撞爆炸及开炮等赋与不同的声音。而对于一些较为简单的游戏机，则可产生一些不太复杂的伴音。

公路赛车游戏机：这种公路赛车游戏机的屏幕显示如图13-5所示。两个游戏者控制的汽车靠近屏幕底部不动，而其它汽车向下运动，这样就产生了被控汽车向上运动的假像。

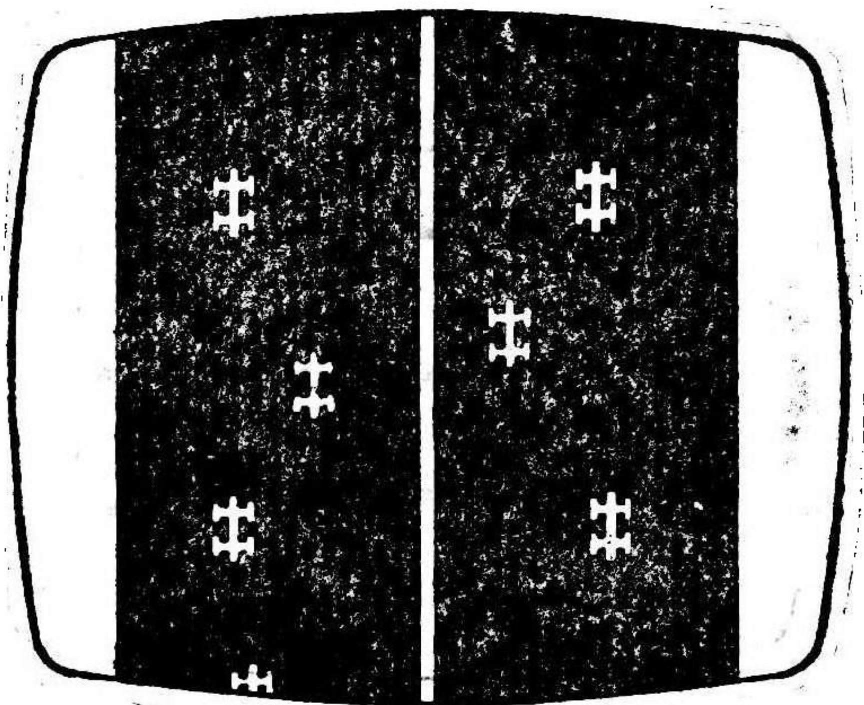


图 13-5 公路赛车游戏机

游戏者可以控制汽车作水平运动，以免与其它汽车或路栏相撞。当一个游戏者对汽车加速时，那么在他那部分公路上速度较慢的汽车就会与其对手控制的速度较快的汽车相接近。若发生撞车，则就会丢分。在大多数此类游戏机中，撞车会使汽车行进的速度减慢。在有些型号的这类游戏机中，发生碰撞还会停止游戏，使对方得分。而在另外一些型号的游戏机中，比分是连续显示的，此外还会显示出游戏经历时间和撞车次数。

在这种游戏机的一种演变型号中，屏幕上显示了一个复杂的比赛跑道，每个游戏者在这种跑道上驾驶着汽车。比分取决于汽车完成按规定跑道的行驶圈数和超车次数。这种游戏机的各种型号计分方法大不相同。有的使用符号代表驾驶车辆的控制信号。伴音可以带有随着车速不同而变化的模拟发动机噪声和逼真的撞车声。也可以是简单的嗡嗡声和“咔

嗒”声。

共同特征：在所有的体育性和动作性游戏机中，都需要由游戏者控制自己一方目标的运动，从而可以与屏幕上的其它目标相碰撞或避免碰撞。在体育游戏机中，碰撞是球与游戏者的球拍、球棒等相接触。每个游戏者都可以控制球的运行轨迹，从而可为对方的同类控制制造困难。

在动作性游戏机中，需要控制的是坦克、导弹或飞机等运动物体，其设计思想还是致力于与屏幕上的其它物体相碰或避免碰撞，只不过发射的是炮弹而不是球罢了。而且被击毁的坦克、导弹或飞机不能再重新出现。

所有的竞赛游戏机都突出了游戏者的汽车、摩托车以及其它交通工具或护栏之间的相互碰撞因素。在这类游戏机中，一旦发生碰撞便会使比分发生变化。这类游戏机有着明确规定的边界和比赛规则。一旦违反比赛规则，对方就可以得分，分数高者为胜。

几乎所有的体育性和动作性游戏机都要涉及到各类物体在屏幕上的显示。当这些物体相互接触或错过时机时，就会使比分发生变化。所以，这就需要由电路或程序来控制，从而在游戏者进行控制或检测到物体接触时会产生相应的运动。前面已经介绍了实现这种功能的一些基本电路和产生运行轨迹并检测物体间相互碰撞的典型程序。当然还需要一些将游戏者的控制动作转变为相应控制信号的电路。伴音在体育性和动作性游戏机中显得尤为重要。因为这些伴音在具体游戏中可增强真实感。所以有些游戏机，特别是投币式游戏机具有完善的音响设备，包括磁带机构。计分和显示方法随着型号不同而异。但是这种变化一般仅限于每种游戏机的比

分计数器的预置方式不同而已。总之，那些具有自动操作方式的游戏机均具有自动操作的程序和专用逻辑电路。

13.1.3 益智性和思考性游戏机

大家知道，所有的电子游戏机都需要一些智力技巧。但益智性和思考性游戏机只能依靠智力技巧来决定胜负。前面介绍的教育性游戏机主要以实际知识为基础而进行游戏的。这种游戏机主要用来增进学习而不是进行逻辑推理。益智性游戏机，诸如大家所熟悉的国际象棋、西洋跳棋和十五子游戏机等一般均使用相同的游戏参量，只不过其电路本身也起着一个游戏者的作用，游戏者可以与机器对弈而已。

智敏游戏机：这种古老的简单游戏大概起源于东方。可以使用柴枝、麦杆、珠子或任何一种物体来进行这种游戏。如果是两个人玩，则可以取几块物体，每个人可依次从一堆物体中取出若干物体，拿到最后一个物体者为胜。图13-6示出了按这种原理制作的电子游戏机。一个矩形框表示一堆物体。框内的数字表示这一堆所含的柴棍、麦杆或其它物体的数目。游戏者可以选择某一个框。移动所选框下面的游标（在彩色游戏机中为红点）即代表从框内取走物体。在仙童F-8型电视游戏机中，操纵杆可用来移动游标，并可以向微处理器指出从选定框所示数字中减去的数字。由于是游戏者与电脑相对弈，所以对游戏者的反应是有

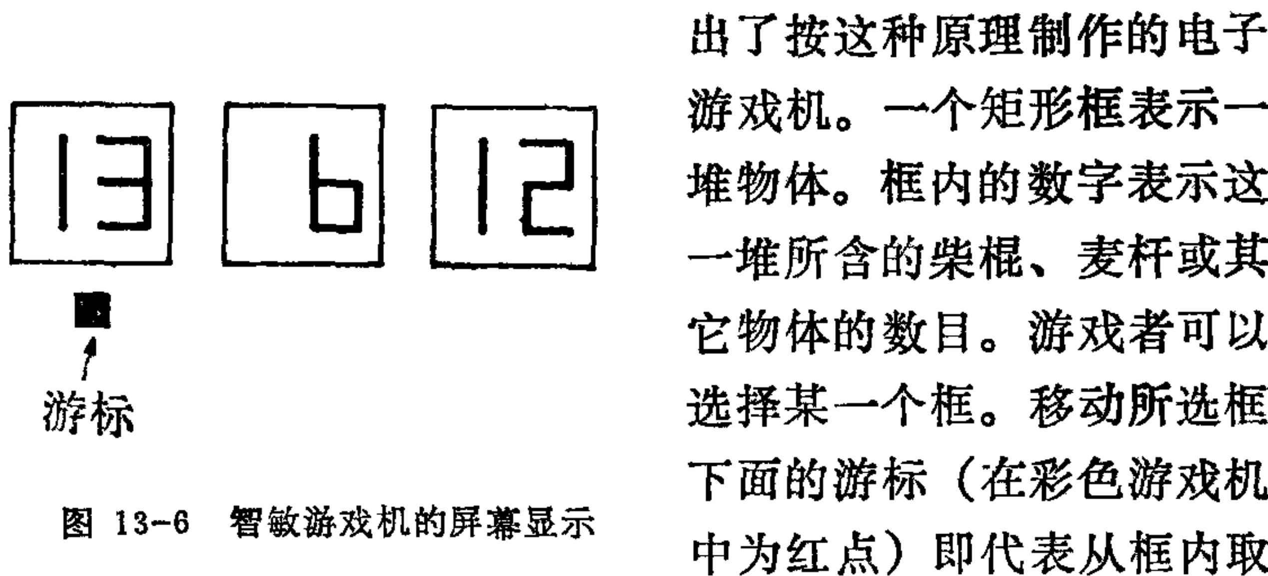


图 13-6 智敏游戏机的屏幕显示

着时间限制的。游戏者每走一着，电脑就会立即进行一次显示。

智敏游戏机看起来是一种非常简单的游戏机，然而，游戏者要战胜电脑确实需要一翻精心地逻辑思维才行。

猜数游戏机：这种游戏机可以1～2个人玩。游戏者需要时刻注视电脑给出的提示。其屏幕显示如图13-7所示。在单人玩的方式中，电脑可以任意选择 3 位数。游戏者可以通过键盘送入一个它所猜的数。这个数和电脑提示的数在屏幕上出现几秒钟。然后，猜到的数继续变化，游戏者准备再猜下一个数。当游戏者猜到了这个数，或者游戏者猜完20次时，游戏结束。被猜的数就在屏幕上显示出来。

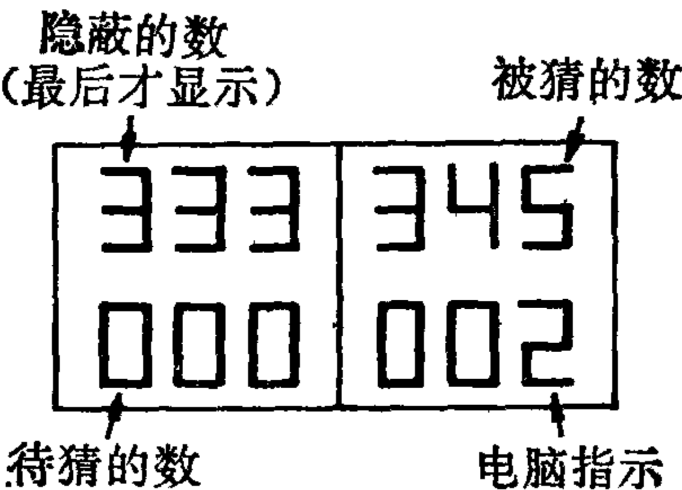


图 13-7　猜数游戏机的屏幕显示

由于在这种游戏中不断地有电脑提示，所以它应算作一种益智游戏。每猜一次以后，电脑可以显示一个数字。这些数字代表的含意如下：

000　没有一位数猜对。

001　有一个数位猜对，但其它数位猜错。

002　有一个数位猜对了，而且数位也对，但其它数位猜错。或者猜对了其中的两位数，但数位不对。

003　001和002的任意一种可能的组合。

004　001、002和003的任意一种可能的组合。

005　001、002、003和004的任意一种可能的组合。

006　全部猜对。

这种游戏机的设计方法是，采用逻辑电路设计师所使用的真值表方法列出可能提示的每一种组合。

在两个人对猜的方式中，每个人可以通过键盘送入一个数让对方猜。对方看不到屏幕，电脑将各自要猜的数存放起来，然后给出提示，其它过程与单人猜的方式相同。如果数字上出现一个小方块，则表示该游戏者的这一遍轮过去了。

共同特征：所有的益智类和思考类游戏机均采用微电脑控制。甚至像所介绍的“画井”这类用录音磁带来提出问题让游戏者送入“x”或“0”的柜式游戏机也离不开微电脑。另一个共同的特征就是所有的输入和输出均为数字式。例如，板式国际象棋游戏机是通过键盘进行输入的。输出是发光二极管显示器。当然，电视游戏机都是建立在数字典示基础上的。在任何一种游戏中，结局的不确定性是产生兴趣的关键因素，它主要是由电子游戏机与游戏者之间的相互作用来提供的。在不同的益智性和思考性游戏机中，其主要的比赛规则和计分方法各不相同。例如，国际象棋的规则主要是下棋程序，而结局却被限定为“将死”或下成“平局”。在智敏游戏中，计分似乎显得无关紧要，而在类似猜数这样的游戏机中，由于比分决定于游戏者的下一步决策，所以就显得很重要了。

主要的电子特征：如上所述，所有的益智性和思考性游戏机均为电脑控制。另外，也可以通过家用微电脑来实现这两种游戏的功能。当然，长年把它仅作为游戏使用就显得大材小用了。

除了硬件以外，设计可以进行益智游戏和思考游戏的程序是游戏机设计师的主要工作。目前市场上出现了许多益智和思考游戏程序。这些程序能否应用到具体的游戏机中，还要视所用微电脑的型号而定。经常有新的简捷方法、新的省略程序步的技巧以及新修改的游戏规则等不断地出现，这些都可以提高硬件的经济性。

一般来说，伴音效果对于益智类和思考类游戏机并不能增加多少吸引力，所以一般都不采用。

13.1.4 幸运性游戏机

在进行幸运性游戏中，游戏者总是把着眼点放在直觉和幸运上，而没有什么技巧可言。相信命运实际上是一种迷信的想法。幸运游戏实际上取决于或然率。例如，在掷骰子游戏中，掷两次骰子要获得相同的数字，这个或然率就大大地小于可能由1和6、2和5或3和4组成的和数为7的或然率。

从工程学的观点来看，所有的幸运游戏机都是以一组数的相对随机性为基础而设计的。美国新纽约州制造的“蒙地卡罗”手表式电子游戏器就可以说明这一点。这种手表除了具有时间控制以外，还具有一个游戏开关和一个显示器开关，可以显示随机数字，从而可以模拟示有骰子滚动的游戏。前面已向读者介绍了“二十一点”游戏机，这里再向大

家介绍"抽纸牌"和"竞争"两种幸运游戏机。

抽纸牌游戏机：这两种游戏机可以供单人或两个人进行游戏。如图13-8所示，电视屏幕显示出每个人手中的5张牌。当亮出输赢时，每个人手里的赌资会减少或者增加。一旦新的赌博开始，就要自动加5美元的赌注。每个人可以按动标有"是"的按钮进行加赌，也可以按动标有"否"的按钮进行吊牌或退赌。当一个人吊牌时，屏幕上就会出现指示字，并在两人的牌之间移动。允许依次暗自按动"是"钮，以显示他们所要更换的牌。当指示字通过所有的10张牌时，所选中的牌就要更换。电脑对每个人手中的牌进行判定，获胜者会赢得输者中的赌注。在单人玩的情况下，其目标是使手里的牌达到最佳状态，赌资数额乘以打赌比例，再按系数加到赌资上。

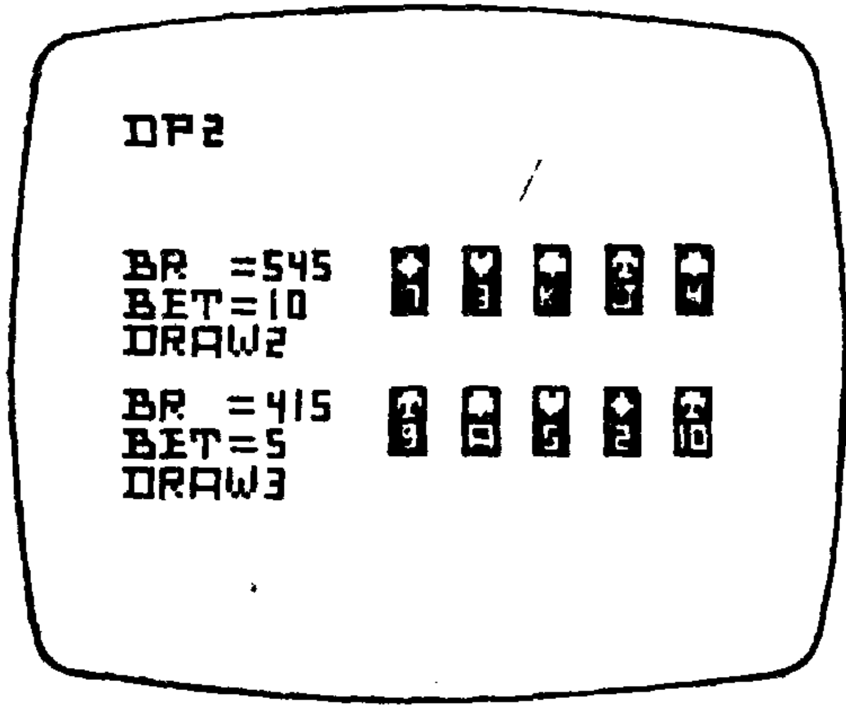


图 13-8 抽纸牌游戏机的屏幕显示

竞争游戏机：按照简单的儿童扑克原理，这种微电脑控

制的电视游戏机在开始游戏时，屏幕上会显示出反扣着的两组 5 张牌，如图13-9所示。指示字顺次地在两张牌中移动。每一个游戏者可以按动标有“是”的按钮选择一张牌。在每个人都选好自己的牌以后，所有的牌都亮开。牌点高者胜对方两分。这时，又会出现两张新扣着的牌。如果两个人的牌相同，则表示处于竞争状态，每个游戏者可以进行一组新的选择，获胜者可以得12分，总共可以使用 4 副牌（208张牌）。在所有的牌显示完以后，游戏结束。这时，屏幕上会显示出获胜者的得分。还有一种单人玩的方法。在这种方法中，游戏者手中的牌和机器的牌是按照游戏者的判断进行选择的，计分方法与两人玩的方法相同。

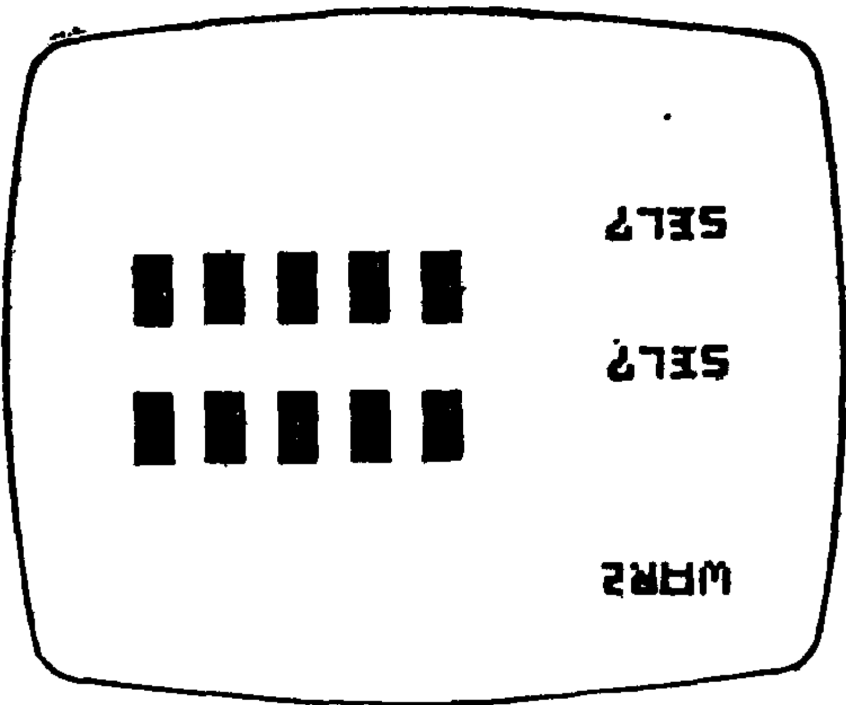


图 13-9　竞争游戏机的屏幕显示

共同特征：所有的幸运电视游戏机均离不开微电脑和插盒存储器。与益智性游戏机相同，那些以随机性为主的幸运游戏机均使用程序进行控制。所有的幸运游戏机的控制均是数

字化的。但是，在许多通用游戏机中，其显示方法却是扑克的图象。这一特征增加了真实感。但是，却改变不了游戏机的实际数字特征。

对于其它类游戏机，游戏者之间相互对垒或者游戏者与机器对垒，大多是为了进行体育或智力技巧比赛。而对于幸运游戏，游戏者的着眼点大多放在打赌和赢钱上。他们往往会愚弄自己，相信在玩纸牌或掷骰子时也有什么技巧，其实这只不过需要一点输赢的知识而盲目地侥幸而已。

主要的电子特征：如同益智性游戏机一样，随机存储器、只读存储器和输入输出部件也是幸运性游戏机的主要电路。如前所述，虽然时钟速度与人按动按钮的反应速度之间的差别也可提供随机因素，但幸运游戏机的随机性主要是通过程序来实现的。虽然有些程序也把不同事件的不同或然率考虑在内，但这并不是一个主要因素。对于抽纸牌游戏来说，这些或然率是作为赌注的输赢而显示在屏幕上。而在显示扑克牌的电视游戏机中，产生这种显示的电路一般是字符发生器部分，这与其它类游戏机显示复杂物体的情况相同。往往在绿色背景上对指示字或游标等运动的图形部分加上了红色、白色或黑色。在幸运游戏机中，伴音效果显得不太重要，仅仅限于指示输赢的特殊伴音而已。

13.2 电子游戏场的管理和电脑电视游戏节目的选择

13.2.1 国外刺激性节目兴盛带来的公害及所引起的争论

十年以前，由于经营电脑电视收费游戏可以带来巨额利润，因而致使世界各地电子游戏场一轰而起，不少其它行业的商人也跻身到公共游戏行列中来。一些电脑电视游戏软件的编制者为了迎合这种要求，大肆抛出刺激性和暴力性节目。特别是有些游戏场主竟在少年儿童身上打主意，使他们的身心健康受到影响，甚至连一些成年人也出现了玩物丧志的现象。所有这些导致一些人对电子游戏机不满，社会上产生了一次大争论。

菲律宾的马尼拉市有3000架类似星球大战和赛车的电子游戏机。由于电子游戏机激增影响了青少年的道德和学业，因而许多父母和教师大为不满。菲律宾总统曾颁布命令禁止游戏机、弹球机和老虎机的进口。如有违反该法令，则被罚款600美元或入狱半年至十二年。然而电子游戏机中心开办人向最高法院提出上诉，抵抗总统的这项禁令。他们认为，只要规定电子游戏中心的地点和顾客年龄就不会产生不良的影响，一些家长和教师所声称的游戏机能败坏少年道德并不科学。

电子游戏机自1978年开始在英国出现以后，便迅速地吸引着无数的儿童。有些家长认为，许多孩子们把他们的午餐

费和零用钱喂给了电子游戏机。有些学生为了要与"太空侵略者"游戏机搏斗而陷于犯罪深渊，进行偷窃和行骗。伦敦大学心理学教授尼雅斯博士解释儿童沉迷于电子游戏机的原因时说，游戏机吸引人之处是游戏者需要全神贯注，好像阅读小说或看电影一样。有没有奖金根本不是关键问题。当他们获得高分时便具有满足感，那种嘈杂的伴音更刺激了他们想继续玩下去的欲望。而电子游戏机制造商们则认为，电子游戏机为新科技产品。它可以改善儿童的反应和激发上进心。其本身并没有鼓励儿童逃学或不诚实。品行不规的儿童如果没有游戏机，也会因其它因素变坏。把儿童问题归因于游戏机并不公平。

新加坡进口了大量的电子游戏机，疯魔了数以万计的少年儿童，使某些学校的教师大为担忧。一名家长投书《海峡时报》说，他的9岁的儿子从早到晚地玩游戏机，影响了学习。而该报记者又调查了其它一些学校，对此并无不满情绪。一家著名女子学校甚至欢迎这种游戏设备，认为这种游戏机可以使学生在紧张的学习中轻松一下脑筋。

这场风波也波及到了我国。1983年北京的一家报纸也载文反对发展这种设备。虽然在国外这场争论已经结束，电脑电视游戏业不但没有停止，反而发展得更为迅速。然而在我国这场争论还未完全结束。还有一些人把电子游戏机看作是赌博设备，是一种可怕的设备。而更多的人则认为电脑电视游戏机在开发青少年智力方面有着重大作用。邓小平同志说过，电子计算机要从娃娃抓起。对于少年儿童来说，最能启发他们思维的活动之一便是游戏。电脑游戏机无疑将成为少年儿童最喜欢的游戏设备。前几年国外的那场"游戏机有

害”论，无疑是由于游戏节目设计者和游戏场经营商为了牟取巨额利润而拼命发展刺激性和赌博性节目的结果。电脑游戏节目是人设计的，其思想内容是极为重要的。所以只要我们在电脑游戏节目设计中注重精神文明的建设并加强游戏场的管理，就必然能使电脑电视游戏机在青少年的智力开发中起到更大的作用。

13.2.2 电子游戏场的管理

虽然电脑电视游戏机在我国出现的时间不长，但也出现了一些玩物丧志的现象。有些青少年为了要战胜电脑游戏机整日去玩，除了要用去大量的时间以外，还要投入高昂的“学费”。因此，必须加强对电子游戏场的管理。

一些国外行之有效的管理办法值得我们借鉴。英国的一些游戏场规定，16岁以下的少年儿童需要有父母陪伴才能进入电子游戏场。还有些国家规定，不得在距学校500米内开设电子游戏场。禁止学生在上课时间进入游戏场。

当然，电子游戏机的管理比较复杂，涉及到许多因素，首先应从家庭和学校教育着手。家长和教师应和孩子们讲清电子游戏机的利与弊，告诉他们如何节制，以免沉迷。同时，家长应在经济上控制孩子们的花销。

13.2.3 电脑电视游戏节目的选择

我国目前已开设了数千家电子游戏场，电脑电视游戏机已经成为广大青少年所喜爱的游戏设备。然而，至今为止我国尚无自己编制的电脑电视游戏节目上市，所有现行电脑游戏节目均是从国外引进的。这在节目的益智性和文明性的掌

握上就很难做到主动。我国是文化发达的文明古国，传统古典名著和历史故事更是异常繁多，这些都是电脑电视游戏节目的源泉。我们要发展电脑游戏事业就必须走自己的路，编制更多的富有我国各民族特点的各种游戏节目。在上节所介绍的6类电脑游戏节目中，应以益智性、思考性、教育性和体育性节目为主，适当发展一些动作性游戏节目。而对于国外易用于赌博的幸运性节目以及崇尚暴力的恐怖性节目应予以禁止。

除了要编制具有我国特色的电脑游戏节目以外，也要善于学习和发现国外的有益电脑游戏节目和电脑游戏的新产品。电脑电视游戏机除了用于游戏以外，由于其节目可以随意编制，所以其应用范围也在不断地扩大。

由于训练新兵费用高昂，美国军方考虑使用“太空时代”电子游戏机来训练士兵如何作战。美国军事训练委员会正在史特活堡研究能否在电脑电视的画面上指导军队学习在战场上所需要的军事战术。美国军方认为，这种训练方法相当好，新兵可以一边游戏，一边培养手和眼动作的相互协调。

英国的一家制造商为了使家长在教孩子学习英文上能够事半功倍，特研制成一种“狮博士识字游戏机”。它的外形如同电话，拨号盘上印有A～Z26个英文字母。孩子们可拨动字母盘将英文单词的字母按顺序送入机器内，游戏机上即会显示出该英文字所描述物品的图样。这样就使儿童在耳濡目染下将英文单词牢记下来而不易忘怀。

在香港，类似于“初级电脑”节目已用于中学数学教学的辅助设备。在台湾，有的精神病医院已将电脑电视游戏机用

于治疗精神病患者，训练病人大脑的灵活性和手动作的敏感性。有人则想利用电脑电视游戏机的原理来设计汽车驾驶训练机。电脑电视游戏机还可以用于体育训练来提高球类比赛的战术水平。至于电脑电视游戏机的其它新应用则需要我们去认识去开发了。电脑电视游戏机的出现和发展无疑将在人类的文明发展史中起着重要的作用。

Document generated by Anna's Archive around 2023-2024 as part of the DuXiu collection (https://annas-blog.org/duxiu-exclusive.html).

Images have been losslessly embedded. Information about the original file can be found in PDF attachments. Some stats (more in the PDF attachments):
{
"filename": "44CK55S15a2Q5ri45oiP5py644CLXzEyNzA5MTkwLnppcA==",
"filename_decoded": "\u300a\u7535\u5b50\u6e38\u620f\u673a\u300b_12709190.zip",
"filesize": 25418194,
"md5": "8c1b4d7e165c75f4c1ab653dcc4d8ef8",
"header_md5": "ee6570c848c9dcb5a46ffc0d102a7b7c",
"sha1": "f38c865a004d689c519977632867447d7df28c0b",
"sha256": "a52169317eba1781b789818b433ebc044b3c1685c0227cfc40a176d6fb0e4a81",
"crc32": 537683359,
"zip_password": "",
"uncompressed_size": 25793710,
"pdg_dir_name": "\u00ed\u2562\u2561\u03c4\u256b\u2559\u2559\u256c\u2567\u2556\u2557\u00b7\u00ed\u2556_12709190",
"pdg_main_pages_found": 345,
"pdg_main_pages_max": 345,
"total_pages": 356,
"total_pixels": 1063348096,
"pdf_generation_missing_pages": false
}